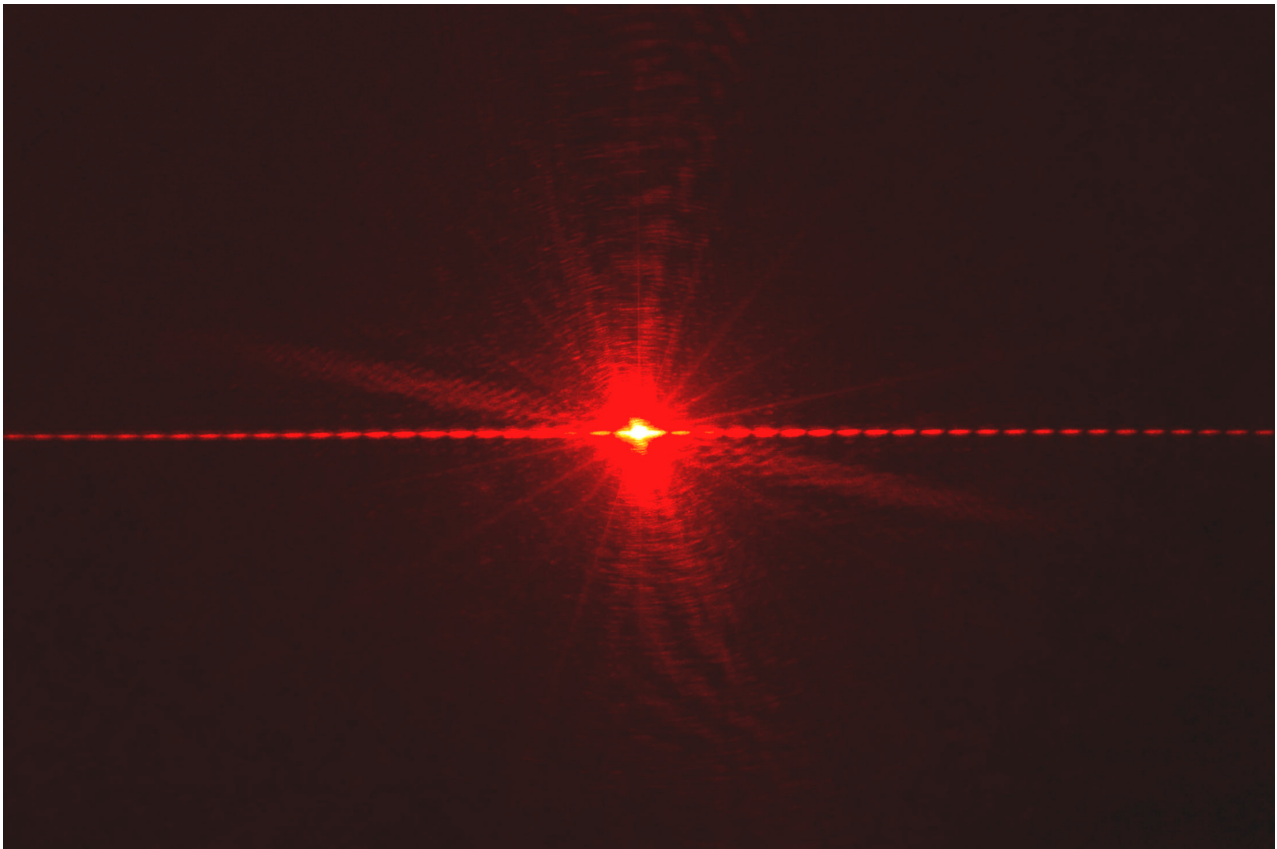




Laserexperiment för grundskola och gymnasium MCCX02-14-13

JIM BILL
MAJA FAHLÉN
DAMIEN LANG
ANNIKA LUNDQVIST
ARVID SKARRIE
STINA WAHLGREN

Institutionen för mikroteknologi och nanovetenskap - MC2
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
GÖTEBORGS UNIVERSITET
Göteborg, Sverige 2014
Kandidatarbete 2014:05



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
GÖTEBORGS UNIVERSITET

INSTITUTIONEN FÖR MIKROTEKNOLOGI OCH NANOVETENSKAP - MC2

KANDIDATARBETE MCCX02-14-13

**Laserexperiment för grundskola och
gymnasium**

Författare:

Jim BILL
Maja FAHLÉN
Damien LANG
Annika LUNDQVIST
Arvid SKARRIE
Stina WAHLGREN

Handledare:

Sheila GALT

Examinator:

Vessen VASSILEV

FÖRFATTARNAS TACK

Vi hade inte kunnat komma så långt som vi gjorde utan vår drivna handledare Sheila Galt. Vi vill tacka henne för all hjälp och allt stöd vi har fått under projektets gång. Vi vill även tacka avdelningen för fotonik på MC2 som har stått för en bra möteslokal där vi har spenderat många timmar. Slutligen vill vi tacka alla lärare som har tagit emot oss och gett oss möjligheten att undervisa deras elever, och de elever som har lyssnat på oss och hjälpt oss genom att delta i utvärderingen.

Sammanfattning

Denna rapport behandlar utvecklingen av laborationsbaserade lektioner för grundskola och gymnasium. Syftet med projektet var att öka skolungdomars intresse för fysik, genom att utveckla lektioner som var intresseväckande för eleverna. Utgående från *Light and Lasers Outreach Kit*, ett undervisningspaket framtaget av organisationen *Laser Classroom*, har lektionerna anpassats till både högstadiets fysikämne och gymnasiets fysikkurser. Lektionerna utvecklades på en grund av pedagogik och didaktik, och förbättrades med hjälp av enkäter och själv- och medarbetarutvärdering. Lektionernas innehåll baserades på lasrar och laserljusets egenskaper; den ena lektionen rörde diffraktion i enkelspalt och den andra geometrisk optik.

Lektionerna hölls för 12 olika klasser i Göteborgsområdet, och vid varje tillfälle ombads eleverna att delta i en enkätundersökning. På detta sätt dokumenterades bland annat elevernas allmänna intresse för fysik. Efter att enkäter från 169 elever samlats in analyserades dessa med t -test och chi-två-test. Det gick att konstatera en statistiskt signifikant skillnad i elevernas generella intresse för fysik jämfört med kontrollgrupperna och att denna förändring var positiv. Det kunde dock inte säkerställas huruvida detta berodde på lektionernas innehåll eller andra omständigheter. Generellt uttryckte eleverna att de fann lektionerna intressanta.

Slutligen konstaterades genom intervjuer med lärare att de fann att lektionsuppläggen var bra, men att innehållet i båda lektionerna inte har en självklar plats i gymnasieundervisningen, beroende på hur individuella lärare tolkar läroplanen. Högstadielärarna var dock eniga om att lektionen som hölls för högstadielever, lektionen om geometrisk optik, rymdes i deras ämnesbeskrivning, och att lektionen i sin helhet skulle kunna användas i deras ordinarie undervisning.

Abstract

This report discusses the development of lessons based on laborations for middle and high school. The purpose of the project was to research the possibility to affect students' attitude towards physics through well-planned stimulating lessons. The lessons were based on the *Light and Lasers Outreach Kit*, a teaching package made by the organisation *Laser Classroom*, and have been adapted for physics in middle and high school. The lessons were developed on a pedagogical and didactical ground and were improved with surveys and peer and self assessment. The lessons were based on laser light and its properties. One lesson covered the topic of single-slit diffraction, while the other treated geometrical optics.

The lessons were held for 12 different classes in the local area of Gothenburg, and at all of the occasions the students were asked to participate in a survey. In this way, their general interest in physics could be measured, and it also helped to improve the lessons. When a total of 169 surveys were collected, a couple of pre-decided hypotheses were tried with t - and chi-squared-test. After a comparison with the control group a statistically significant positive difference in the general physics interest could be measured within pupils that participated in the lessons. However, it was not possible to establish if this was an effect of the content of the lessons or other circumstances. In general, the pupils found the lessons interesting.

Finally it could be established by interviewing the teachers that the lesson structures were useful. However the contents of the lessons didn't have a perfectly clear place in the swedish high school curriculum, depending on how each teacher individually interprets it. The middle school teachers however agreed that the lesson held for their students, the geometrical optics lesson, fits the curriculum, and that the lesson as it is could be used in their regular teaching.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Syfte	1
1.2	Avgränsningar	1
1.3	Metod	1
1.4	Rapportens disposition	1
2	Pedagogisk teori	2
2.1	Piaget och konstruktivismen	2
2.2	Vygotskij och det sociokulturella perspektivet	2
2.3	Dewey och pragmatismen	3
2.4	Vidareutveckling av konstruktivismen	3
3	Didaktiskt teori för fysikundervisning	4
3.1	Variationsteori	4
3.2	Upplevelsebaserat lärande	4
3.3	Didaktik för laborationer	5
3.3.1	Sluten och öppen laboration	6
3.4	Didaktik inom optik	7
3.4.1	Våglära	8
4	Val och utveckling av lektioner	8
4.1	Val av lektioner	8
4.2	Utveckling av lektioner	9
4.2.1	Studie av läroplaner	9
4.2.2	Testande av försökslektioner	9
4.2.3	Undersökning med kunskapsdiagnos	10
4.2.4	Resultat av läroplansstudier, försökslektioner och kunskapsdiagnos	10
4.3	Laserteori	11
4.3.1	Säkerhetsaspekter kring laserljus	12
5	Färdiga lektioner och bakomliggande teori	12
5.1	Mätning av tjockleken på ett hårstrå med laser	12
5.1.1	Härledning av formel för hårstråttjocklek	13
5.2	Lasermikroskop	14
5.2.1	Härledning av formel för förstoring	16
6	Val och utveckling av utvärderingsmetoder	18
6.1	Kvantitativ utvärdering	18
6.1.1	Mätning av attityder	18
6.1.2	Elevenkät	18
6.1.3	Hypotesformulering	19
6.1.4	Urvalsgrupp	19
6.2	Kvalitativ utvärdering	19
6.2.1	Intervjubaserad undersökning	20
6.2.2	Frågeställningar	20
6.2.3	Själv- och medarbetarutvärdering	20
6.3	Validitet och reliabilitet	21

6.3.1	Elevenkäter	21
6.3.2	Lärarintervjuer	21
6.4	Etik	22
7	Analys av utvärderingsdata	22
7.1	Enkätundersökning	22
7.1.1	Konstruktion av index	22
7.1.2	t -test	23
7.1.3	Chi-två-test	24
7.2	Intervjuer	24
8	Resultat från utvärderingsanalys	25
8.1	Analys av enkätsvar	25
8.1.1	Kategorisering och bortfall	25
8.1.2	Resultat av intresseindex	25
8.1.3	Jämförelse av elevers allmän intresse i fysik	26
8.2	Analys av lärarintervjuer	34
8.2.1	Skillnader i stämningen och intresse i klassen	34
8.2.2	Är lektionerna användbara för lärarna?	35
8.3	Åsikter om lektioner	36
8.3.1	Lasermikroskop	36
8.3.2	Hårstråmättningslektion	36
9	Diskussion	36
9.1	Diskussion kring utvärdering	37
9.1.1	Kvantitativ utvärdering	37
9.1.2	Kvalitativ utvärdering	37
9.2	Var lektionerna intresseväckande?	38
9.3	Lektionernas användbarhet	38
9.4	Diskussion kring lektioner	39
9.5	Tänkar om vad som kunde ha förbättrats	40
9.6	Vidare forskning	40
10	Slutsats	40
	Appendix	46
A	Kunskapsdiagnos	46
B	Laborations-pm: Mätning av tjockleken på ett hårstrå med laser	48
C	Lektionsplanering: Mätning av tjockleken på ett hårstrå med laser	50
D	Lektionsplanering: Lasermikroskop	52
E	Stenciler: Lasermikroskop	54
F	Utvärderingsenkät	56
G	Intervjuguide för lärarutvärdering	58
H	Normalfördelningsplottar	59

1 Inledning

Det naturvetenskapliga intresset bland skolungdomar har minskat, vilket sannolikt kan leda till en brist på tekniska akademiker på framtidens arbetsmarknad.[1][2] För att vända denna nedåtgående trend kan skolan användas som en plattform för att inspirera både lärare och elever till ett bredare naturvetenskapligt intresse. Organisationen *Lasers Classroom* har tagit fasta på detta och tagit fram ett paket med laserexperiment som kan användas i den amerikanska skolan. Detta skolpaket heter *Light and Lasers Outreach Kit* och kan användas av lärare för att på ett enkelt sätt visa elever olika optiska fenomen.[3] Paketet innehåller bland annat olika lasrar, färgade och ofärgade lampor, en prisma, linser och diffraktionsgitter.

EPIC (European Photonics Industry Consortium), en europeisk industriorganisation, leder arbetet att översätta skolpaketet till andra språk och att uppmuntra lärare att sprida intresset för teknik och fotonik.[4] I Sverige har biträdande professor Sheila Galt på Chalmers tekniska högskola gjort en översättning av materialet till svenska, men paketet väntar ännu på att anpassas till det svenska skolsystemet i de årskurser där optik ingår i läroplanen.

I detta projekt har vi utifrån pedagogiska och didaktiska teorier integrerat några av skolpaketets experiment i lektioner på grundskola och gymnasium.

1.1 Syfte

Vi vill med utgångspunkt i skolpaketet utveckla och genomföra en eller flera intresseväckande lektioner i optik riktade till elever på högstadiet och gymnasiet. Vår tanke är att lärare ska kunna använda lektionerna som en inspirerande introduktion till optikundervisningen, och fokus ska därför ligga på att väcka intresse för optik snarare än att lära ut detaljkunskap.

1.2 Avgränsningar

De två lektioner som har utvecklats och använts i detta projekt har framförallt rört två delar inom optiken; strålgång genom linser och diffraktion i enkelspalt. Lektionerna har utformats på så vis att de ska kunna användas som en intresseväckande introduktion inom respektive del i fysikkurserna, för

att få en grund att bygga undervisningen på. För att utnyttja projektgruppens egna optikkunskaper valdes högstadie- och gymnasieklaser som främsta målgrupp, där undervisningen kan läggas på en sådan nivå att materialet blir intressant och utvecklande för elever och samtidigt en utmaning för oss som pedagoger. Efter lektionerna har eleverna fått delta i en utvärdering, i form av en enkät, för att mäta deras attityd mot fysik. För att få ett tillräckligt statistiskt underlag bedömdes det att det räckte att genomföra cirka tolv lektioner med normalstora klasser, vilket också passade bra med våra tidsramar för projektet.

1.3 Metod

Arbetet har under projektets gång varit mångsidigt och tvärvetenskapligt. Lektionerna utvecklades enligt syftet med stöd av pedagogiska och didaktiska teorier, inom vilka områden en inledande litteraturstudie gjordes. Parallellt med detta kontaktades lärare och skolor för att boka in lektionstillfällen. För att testa om vår insats var intresseväckande utformades en anonym skriftlig utvärderingsenkät där eleverna kunde svara på frågor om hur de upplevde vår lektion samt hur deras inställning till fysik och naturvetenskap var. Dessutom intervjuades lärarna för att undersöka vad de tyckte om lektionernas användbarhet. Efter alla genomförda lektioner behandlades datan från utvärderingen för att undersöka om elevernas fysikintresse ökat.

1.4 Rapportens disposition

I avsnitt 2 presenteras pedagogisk teori som har varit relevant när våra lektioner har utformats, och i nästa avsnitt följer didaktiska teorier för fysikundervisning som har legat till grund för våra lektionsplaneringar. Därefter följer avsnitt 4 och 5 som behandlar utvecklingen av lektionerna respektive beskrivningar av de färdiga lektionerna. Där beskrivs till exempel det förberedande arbete som gjordes i form av diagnoser med gymnasieelever och det första genomförandet av lektionerna inför försöksklasser. Där återfinns också ett avsnitt om lasersäkerhet, och även den bakomliggande fysikaliska teorin för lasertekniken och lektionerna.

Det tillvägagångssätt vi valde för att utforma en utvärderingsmetod som mäter attitydskillnader, finns beskrivet i avsnitt 6. Utvärderingen bestod av

kvantitativa utvärderingar med elever och kvalitativa utvärderingar med lärare för att nyansera resultaten. Avsnittet därefter rör arbetet med att analysera utvärderingsdatan, där index konstruerades av datan som testades med t-test och med chi-två-test. Slutligen presenteras resultaten, diskussioner och slutsats i de tre sista avsnitten. För den intresserade läsaren finns även ett appendixavsnitt med bland annat material från våra lektioner, som till exempel laborations-pm, lektionsbeskrivningar och utvärderingsenkäten.

2 Pedagogisk teori

Pedagogik kan definieras som läran om utbildning, och är således ett brett och i viss mån tvärvetenskapligt område som inkluderar utvecklingspsykologi, sociologi och filosofi. En central del av pedagogiken är att hitta modeller för att beskriva hur lärande fungerar.[5] I detta avsnitt presenteras de teorier kring lärande som använts i arbetet, utgående från Piagets, Vygotskijs och Deweys teorier. Detta för att de är välkända namn inom pedagogiken och för att vi anser att deras syn på lärande passar bra in i den svenska skolan. I slutet av avsnittet lyfter vi även fram den modernare och något mindre kända pedagogen Driver, som gjort intressant forskning om naturvetenskapligt lärande.

2.1 Piaget och konstruktivismen

En inflytelserik pedagog under tidigt 1900-tal var Jean Piaget (1896-1980), schweizisk pedagog, filosof och utvecklingspsykolog. Han har fått stor betydelse för pedagogiken och synen på barns utveckling. Som utbildad biolog ägnade han sitt yrkesverksamma liv åt studier av barns tänkande och kognitiva utveckling.[6]

Piaget förklarar lärande som att människan strävar efter att förstå sin omgivning, varför saker sker och hur hon kan påverka den. Denna förståelse kallar han för att vara i jämvikt, *ekvilibrium*, med sin omgivning. När en individ stöter på ett nytt fenomen försöker denne införliva detta i sin världsbild, och utökar på så vis denna. Denna anpassning av världsbilden kallar Piaget för *adaption* och han menar att den består av två olika aspekter, *assimilation* och *ackommodation*. [6] Både *assimilation* och *ackommodation* är aktiva processer som sker

genom tankeverksamhet hos individen. Något för enkelt kan man säga att *assimilation* innebär att en människa tolkar ett fenomen till att passa in i hennes begreppsramar, utan att världsbilden egentligen förändras. Om människan däremot stöter på något hon inte kan förklara med den kunskap hon redan har uppstår en konflikt mellan verkligheten och hennes föreställningar, och denna konflikt kan leda till att hon förändrar sin världsbild. Det är detta som menas med *ackommodation*. [7]

Antag exempelvis att ett barn känner till att en metallklump sjunker om man lägger den i vatten. Om barnet sedan upptäcker att en nyckel i metall också sjunker, kommer det antagligen inte bli förvånat över detta. Barnet tolkar situationen som att nyckeln beter sig på samma sätt som en metallklump när man lägger den i vatten. Detta är alltså ett exempel på *assimilation*. Sedan kanske barnet upptäcker att ett metallgem faktiskt kan flyta i vatten. Detta skapar en konflikt i barnets medvetande, då det inte stämmer överens med bilden av att metallföremål sjunker. Barnet kan då *ackomodera* och förändra sin världsbild till att alla metallföremål inte nödvändigtvis sjunker.

Det Piaget är mest känd för är att han delade in barns utveckling i olika stadier utifrån barnets ålder. Han menar att barn inte kan lära sig vissa saker innan ett visst stadie. Till exempel utvecklar barn enligt Piaget förmåga till abstrakt tänkande först i tonåren. [7]

Även om det finns en hel del kritik vad gäller Piagets forskningsmetoder och delar av resultat så är hans teorier om lärande fortfarande inflytelserika och betydelsefulla. [6] Hans syn på lärande som en aktiv process är en central del inom den pedagogiska inriktningen *konstruktivism*. [7][8]

2.2 Vygotskij och det sociokulturella perspektivet

En annan psykolog och pedagog under samma tid var Lev Semenovich Vygotskij (1896-1934), som var verksam vid den psykologiska institutionen vid Moskvaskolan. Han gav upphov till en tradition inom pedagogiken som kallas för det sociokulturella perspektivet. [6] Både Vygotskij och Piaget är konstruktivister och Vygotskijs syn på barns lärande är på många sätt lik Piagets, men han vänder sig emot vissa delar av Piagets teorier. [9] Den stora skillnaden är att den sociokulturella traditionens

syn på lärande är att det inte enbart är en individuell process utan att lärandet sker i ett socialt sammanhang.

Till skillnad från Piaget betonar Vygotskij vikten av språket som redskap för lärande. Piaget anser att språk och tänkande är två i stort sett helt oberoende företeelser och att tänkandet är det centrala för lärandet.[6] Vygotskij vänder sig mot denna dualism. Enligt honom fungerar språk inte bara som kommunikation mellan människor. Han menar att människan även tänker i språk, och att språket därför är ett nödvändigt redskap för tankeprocesser.[6] Därmed har språket ett stort inflytande över lärandet. Vygotskij menar att barns utveckling sker i två steg; inledningsvis genom kommunikation mellan människor och först därefter inom barnet själv.[10] Med språk menas här inte nödvändigtvis nationella språk, utan i en mer allmän betydelse där exempelvis även det matematiska skrivsättet kan räknas in.[6]

Vygotskij vänder sig också mot att Piagets teori om utvecklingsstadier inte tar hänsyn till kulturella faktorer utan tenderar att se barnens utveckling som något som uppkommer av sig själv, utan influenser från barnets omgivning. Lärande börjar långt innan skolåldern, då barn exempelvis lär sig att prata och ställer frågor om världen under hela uppväxten. Denna kunskap kommer från föräldrar och andra vuxna och barn i barnets närhet och påverkas därför av sociala och kulturella faktorer.[10]

För att resonera kring skillnader i barns utveckling och förmåga inför Vygotskij begreppet *den närmsta proximala utvecklingszonen*. Denna definieras som området mellan barnets faktiska och dess potentiella *utvecklingsnivå*. [10] Utvecklingsnivån är ett sätt att beskriva de kunskaper ett barn har. Med den faktiska utvecklingsnivån menas de problem som barnet kan lösa helt självständigt medan den potentiella utvecklingsnivån består av de problem som barnet kan lösa under vägledning av vuxna eller i samarbete med andra barn.[10] Utvecklingszonen består alltså av de begrepp och färdigheter som människor, under vägledning, vid en viss tidpunkt har möjlighet att förstå och ta till sig. [6] Exempelvis behöver man ha kännedom om hur man räknar ut arean av ett parallelogram för att förstå formeln för triangelns area. Innan man behärskar areaberäkning för parallelogram ligger beräkning av trianglars areor utanför utvecklingszonen. För att elever ska ha möjlighet att ta till sig

kunskap är det alltså viktigt att läraren lägger nivån så att materialet är i elevernas utvecklingszon.

Vygotskij menar att även om två individer har samma faktiska utvecklingsnivå så kan det vara stora skillnader i deras utvecklingszon, det vill säga skillnader i vilka kunskaper de har möjlighet att lära sig.[10] Denna skillnad beror delvis på sociala och kulturella faktorer. Det är därför viktigt att ta hänsyn till elevers olika förmåga i undervisningen.

2.3 Dewey och pragmatismen

En mer praktiskt inriktad pedagog var den amerikanske filosofen och forskaren John Dewey (1859-1952). Dewey är den företrädare för den filosofiska inriktningen pragmatism som fått absolut störst påverkan på skola och utbildning. Han ser utbildning som en viktig del av demokratin, och menar att skolans uppgift i första hand är att förbereda eleverna för att kunna leva ett bra och produktivt liv i ett demokratiskt samhälle. Pragmatismen har därför en annorlunda syn på kunskap än andra pedagogiska inriktningar, då kunskap ses som det som hjälper människor i vardagen snarare än någon form av absolut sanning.[6] Det är därför viktigt att undervisningen återknyter till elevernas verklighet.[11]

Dewey kritiserar den konventionella undervisningen och menar att den fokuserar på produkten av kunskapssökandet snarare än själva sökandet. Enligt honom finns det en stor skillnad mellan verklig förståelse och mekaniskt memorerande. Det är kunskapssökandet, vägen till kunskapen, som är det viktiga. Att känna till information och fakta utan att ha någon förståelse för varför eller hur det kan användas är närmast meningslöst. Dewey förespråkar därför problembaserat lärande, *learning by inquiry*. [6] Han menar att människan lär först när hon ställs inför ett problem. Hon kan då använda den kunskap, faktakännedom och de redskap hon har för att förstå problemet och hitta en lösning till det. På detta sätt lär sig människan hantera nya situationer och hennes kunskap ökar.[12]

2.4 Vidareutveckling av konstruktivismen

Senare pedagogisk forskning utfördes av bland andra Rosalind Driver (1941-1997), som var en brittisk forskare i pedagogik och naturvetenskaplig

ämnesdidaktik.[13] Driver utgår från Piagets adaptationsteori, men poängterar att adaptation, även om det beror på yttre stimuli från omvärlden, alltid sker i förhållande till individens egen verklighetsbild. Enligt Driver går det inte att bortse från individens egna referensramar vid inläring.[14] Hon menar att elevernas förföreställningar ofta står i konflikt med det skolan söker lära ut, och att detta kan leda till att eleven lär sig något annat än det läraren syftat till att lära ut.[7] Det är därför viktigt att elevens eventuellt felaktiga förföreställningar bemöts och motbevisas.

Även elevernas motivation spelar enligt Driver roll för inläringen, då införlivandet av nya begrepp och strukturer i elevernas egna föreställningar är en aktiv process som kräver tankeverksamhet.[7] Hon menar att laborationer kan vara ett bra sätt att sätta dessa förföreställningar på spel, eftersom det tenderar att vara svårare att ignorera det som inte passar in i ens världsbild om man ser det i verkligheten, jämfört med att bara få det berättat för sig. Det finns dock en risk att eleven inte alls avfärdar sina felaktiga förföreställningar utan istället stärks i sin övertygelse av dessa.[7] För att undvika detta är det därför viktigt att känna till elevens förföreställning. Ett sätt att försöka undvika att eleverna tolkar laborationen kan ibland vara att arbeta *deduktivt* genom att först presentera den teoretiska modellen som en hypotes innan laborationen. Detta kan också göra elevernas arbete effektivare, då de vet vad de ska leta efter.[7]

3 Didaktiskt teori för fysikundervisning

Didaktik är vetenskapen om de faktorer som påverkar undervisningen, och hur man bäst exemplifierar, avgränsar och lär ut undervisningens innehåll. Traditionellt delas didaktik in i *ämnesdidaktik* och *allmändidaktik*, där det första är principer för specifika ämnen eller kurser, medan det senare är principer som gäller för all undervisning, till exempel *variationsteori*. [15]

3.1 Variationsteori

Variationsteori är en allmändidaktiskt lära som bygger på fenomenografisk forskning, inriktat på att underlätta förståelsen hos eleven. Istället för

att fokusera på lärandemålen, *learning objectives*, så fokuserar man på lärandeobjektet, *the object of learning*. [16] Först måste eleven få en uppfattning om helheten. Om detaljkunskap lärs ut innan eleven fått en uppfattning om hur de olika delarna hänger ihop kommer eleven inte direkt påbörja en djupare förståelse för ämnet eller aspekten. [17] Till exempel vore det inte förståelsemässigt optimalt att börja repetera multiplikationstabeller innan eleven fått lära sig vad användningen för multiplikation är.

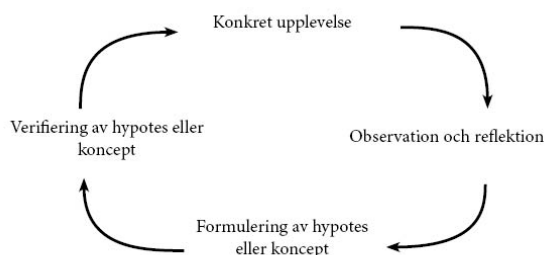
För att en elev sedan ska uppfatta relevansen av någon specifik aspekt krävs att vi varierar den, eller påvisar möjliga variationer. För en elev som inte kan se variationer till något fysikaliskt fenomen kommer samma fenomen att tappa sin relevans. [16] En elev kommer inte kunna förstå fulla funktionen hos 10-bassystemet om man aldrig introduceras för ett positionssystem med en annan bas. Detaljkunskapen, som hur många hundra det går på ett tusen, kan utan problem läras ut, medan frågor som "*Varför blev svaret just 10?*" kommer att gå obesvarade, och eleven kan inte få någon djupare förståelse för hur 10-bassystemet eller något annat positionssystem fungerar.

Ett alternativ är också att man istället för att variera en faktor och håller de andra konstanta, varierar alla faktorer förutom en eller några. Vid vilka situationer som de olika alternativen bäst påvisar de olika aspekterna av ett problem är upp till läraren att utvärdera från fall till fall. [18]

3.2 Upplevelsebaserat lärande

En annan allmändidaktisk lära är teorin om *upplevelsebaserat lärande*, eller *erfarenhetslärande*, vilken handlar om att lära sig från direkta upplevelser och att kunna reflektera över observationer. David Kolb utvecklade modellen tillsammans med Ron Fry på tidigt 1970-tal, och modellen har varit relativt oförändrad sedan 1984. Hela modellen bygger dock på olika tidigare arbeten av Jean Piaget, se avsnitt 2.1, John Dewey, se avsnitt 2.3, och Kurt Lewin. [19]

Den konkreta upplevelsen kan vara vilken upplevelse som helst. I ett undervisningssammanhang kan vi anta att det är i samband med laboration eller demonstration. Observationen och reflektionen sker sedan antingen lett av läraren eller av eleverna inom laborationsgruppen. Tillsammans eller i



Figur 1: Ett cykliskt förlopp enligt Kolbs modell.[20] Ofta påbörjar man cykeln med en konkret upplevelse och slutar i någon av de andra faserna.

mindre grupper bildar man en hypotes, baserat på de reflektioner som gjorts. Att hypotesen ska vara riktig är inte det viktigaste, speciellt inte i en klassrumssituation, utan att den för cykeln vidare och genererar möjligheter till fler laborationer och observationer. [20]

Det sista steget är att testa denna hypotes. Detta kan med fördel göras med en laboration, med målet att försöka understödja eller falsifiera ens hypotes. Tanken är att verifieringen kommer leda till nya erfarenheter, och cykeln kan fortgå. Om hypotesen visar sig vara inkorrekt kommer detta oavsett bidra med nya observationer och reflektioner, och ett nytt varv i cykeln kan påbörjas. Om hypotesen visade sig vara korrekt bör man utveckla den och hitta nya sätt att försöka falsifiera den på. För mindre naturvetenskapliga ämnen kan även rollspel eller fallstudier användas.[21]

Denna metod kräver dock ett engagemang från eleverna, och en vilja att lära sig nya saker. Annars kommer reflektionen och hypotesbildandet att bli lidande, och därmed resten av cykeln. I dagens grundskola och gymnasium finns sällan tid till att gå flera varv i en organiserad fyrstegscykel, men man kan däremot att påbörja cykeln, och sedan uppmuntra elever att fortsätta cykeln på egen hand under laborationens gång. Så fort ett problem uppstår kan läraren eller eleverna sedan använda sig av de olika stegen med hjälp av frågorna

1. "Vad hände?" eller "Märkte du att...?"
2. "Varför gjorde den så?"

3. "Vad beror det på?"

4. "Hur kan vi testa det?"

Det finns emellertid avhandlingar som antyder att gymnasieelever saknar förmåga till djupare reflektion och kritiskt tänkande, vilket innebär att resten av cykeln också blir lidande.[22] Det finns också kritik mot att modellen inte tar hänsyn till kulturella aspekter eller maktstrukturer.[21]

3.3 Didaktik för laborationer

Laborationer och experiment har alltid varit en del av fysik- och naturvetenskapsundervisningen. Fysikkurser innehåller ofta ämnen som vi inte kan observera i vår vardag, och då kan laborationer vara ett sätt att ge ämnet en verklighetsförankring hos eleverna.

En av de viktigaste anledningarna till att laborationer är en obligatorisk del av fysikundervisningen i både högstadie och gymnasium är att det ger en teknisk färdighet. En elev förväntas lära sig att följa instruktioner och redovisa resultat, och ibland även själva utveckla metoder för att hitta de resultat som krävs.[23][24] Att själv få veta hur laborationer går till ger också mer förståelse för hur man arbetar med vetenskap inom forskarvärlden och industrin.

En annan mycket viktig del är att laborerandet ger möjlighet att verifiera de teorier som tidigare presenterats av läraren. En elev som på egen hand kan återskapa viktiga historiska upptäckter har mycket enklare att minnas och förstå fenomenet.[25] De flesta laborationer sker i mindre grupper vilket ger erfarenhet av praktiskt grupp-arbete. Eleverna tränas därmed i att kommunicera och samarbeta.

I de klasser där laborationer inte är ett vanligt inslag i undervisningen uppskattas laborationerna ofta som ett välkommet avbrott från den traditionella undervisningen. Det har dock observerats att i de klasser som laborationer är ett vanligt inslag kan det förekomma att eleverna istället tröttnar. Följderna blir att eleverna utför laborationerna mindre precist och med mindre engagemang. Detta ger i sin tur följden att resultaten blir sämre och att inläringen blir avsevärt sämre. I dessa fall kan det vara fördelaktigt att ha färre laborationer och fler demonstrationer av läraren.[26]

För att klassen så effektivt som möjligt ska kunna lära sig av laborationen måste den utformas på ett

sätt så att laborationsmomentet är en del av den ordinarie undervisningen och inte ett separat moment. Om laborationen enbart går ut på att lära sig att laborera kan resultatet bli att eleverna mäter och antecknar utan att värdena eller metoderna får någon betydelse. I de fallen kommer eleverna ha svårare att förstå innebörden av resultaten på labben. Laborationen måste också vara väl avvägd i svårighetsgrad. Om en laboration är för enkel eller för avancerad är det svårare att motivera eleverna, och följden blir ett mindre engagemang och mindre inläring.[27] Se avsnitt 2.2 för mer om utvecklingsnivåer. Det går dock inte att hitta en generell regel för hur komplicerad en instruktion eller uppgift bör vara, utan det är upp till läraren i varje enskilt fall.

För att ge laborationerna en större vetenskaplig tyngd bör man alltid använda sig av ett naturvetenskapligt arbetssätt, och ett enkelt sätt att göra detta är att använda sig av lektionsgången:

1. Identifiera problemet eller uppgiften.
2. Formulera en hypotes.
3. Pröva hypotesen genom ett experiment.
4. Analysera resultatet från experimentet och jämföra med hypotesen.
5. Förklara resultatet med hjälp av teori.[25]

Hade man inte haft ett korrekt svar på laborationen skulle man, istället för att förklara resultatet med hjälp av teori, kunna formulera en ny hypotes och pröva denna med ett nytt experiment, enligt det upplevelsebaserade lärandet, se avsnitt 3.2.

Oftast är målet för skolans laborationen att få fram ett mätvärde för en specificerad storhet, vilket inte sällan kritiserats. Bland annat påpekas att det för ofta är fokuserat på formler, siffror och mätvärden, när fokus borde ligga på den begreppsmässiga förståelsen. Docent Kjell Prytz anser att laborationer ska vara en kvalitativ studie av naturen, och att ekvationer eller mätinstrument bara är barriärer mellan eleverna och det verkliga lärandet.[28] Detta motsäger dock målet att verifiera de ekvationer som används inom undervisningen.

Prytz kommenterar också att det läggs för mycket arbete på att förklara hur man bör använda avancerad laborationsutrustning, och att mät datorutrustning sällan behövs ifall själva resultatet inte

kräver någon större noggrannhet. Tekniken blir ett hinder för det rena lärandet, och istället skulle tiden det tar att visa hur sådan apparatur opereras kunna användas till någon av laborationens övriga delar.[25][28] Detta gäller speciellt i de fall då skolor av ekonomiska skäl använder sig av mycket gammal elektronisk utrustning som i många fall är mycket mer svåränvänd än modern utrustning.

Kritik har också framförts mot att laborationer ibland ställer alldeles för lite krav på förståelse utan enbart rent praktiska moment. Detta kan manifesteras i att elever får spendera merparten av laborationen med att fylla i formulär med uppmätta data, vilket inte främjar förståelse utan enbart teknisk färdighet.[25]

3.3.1 Sluten och öppen laboration

Det är också en avvägning om man vill ha en *sluten* eller *öppen* laboration.

En sluten laboration har tydliga instruktioner och ett bestämt svar. Eleverna har liten eller ingen frihet att påverka laborationens utförande. En öppen laboration är mindre styrd, och låter eleverna bestämma mer själva. Ofta presenteras en uppgift eller ett problem, varpå eleverna själva får komma på uppställning och metod för att hitta ett svar eller lösning. Ibland kan även själva frågeställningen vara öppen.

Det finns fördelar och nackdelar med båda varianter. Den största skillnaden mellan de båda är att det kräver betydligt mer ansvar och eget tänkande hos eleverna ju mer öppen laborationen är. De elever som klarar av ansvaret med öppna laborationer kan ofta ses växa med det, och lära sig ännu mer. De elever som har svårare för att hitta metoder för att lösa uppgiften kan komma att tappa motivationen och det kan krävas mer hjälp från lärare eller laborationsassistenter. Det finns också en risk att olika elever som använder olika metoder lär sig olika saker, vilket gör det svårare att kunna bygga vidare på kunskapen som lärdes ut. Det finns dock exempel på elever som vanligtvis har svårt för fysik, som är duktiga praktiskt och som kan blomma ut med ansvaret och friheten.[29]

Fördelen med slutna laborationer är att det går att ha en bra, pedagogisk tankegång med laborationens utförande. De passar också de elever som inte är lika självständiga bättre, då det ställer mindre krav på att eleverna tar egna initiativ. Det ställer

också mindre krav på läraren, då man enklare kan förbereda allt materiel som behövs och det är enklare att se över säkerhetsaspekten, eftersom man på förhand kan bestämma vilka moment som kommer att ingå. Det är också enklare att bedöma vilken tid laborationen kommer ta i anspråk.

Huruvida man vill använda sig av öppen eller sluten laboration är en avvägning, och det finns inget konsensus vilket som är effektivast. Det har dock konstaterats att det inte är engagerande att alltid ha helt slutna laborationer, men inte alltid effektivt att ha helt öppna laborationer.[29][30]

3.4 Didaktik inom optik

Ämnet optik spänner många fenomen som alla kan behöva förklaras på olika sätt.

Det första man bör tänka på är att börja med det allra mest grundläggande, nämligen att ljus existerar och utbreder sig mellan källor och effekter.[31] Först när eleverna förstått detta kan man fortsätta bygga vidare på den djupa förståelsen, och förklara optiska fenomen i vår vardag. Utgår man från Drivers vidareutveckling av konstruktivismen är det viktigt att förstå elevernas eventuella föreställningar om ljusets utbredning och brytning, se avsnitt 2.4. Om den grundläggande förståelsen inte finns kommer eleven enligt Driver kunna komma att placera in övriga kunskaper i sin felaktiga världsbild, och tolka undervisningen därefter.

Ett exempel är fenomenet skuggor, ett av våra allra vanligaste optiska vardagsfenomen. I en undersökning med amerikanska elever i åldern 8-14 visade det sig att bara 27% förstod att skugga uppstod när ljus blockerades eller avböjdes, medan 45% svarade att en skugga är någonting som bildas när ett objekt belyses, vilket visar på en bristande förståelse för optikens grundläggande principer.[32]

Enligt professor emeritus Björn Andersson kan man dra paralleller mellan tidigare historiska idéer och elevers tänkande idag, och att vi genom att studera historien får en klarare bild av de föreställningar som kan dyka upp i klassrum idag.[33] Det kan också vara enklare för eleven att acceptera sina egna kunskapsbrister om man får veta att stora tänkare och matematiker som till exempel Euklides hade helt felaktig uppfattning om hur seendet går till.

I det antika Grekland (500-300 f. Kr.) spekulerades det främst om *synstrålar*, vilket var en osynlig

eld utsänd av ögat för att uppfatta färger och former. Dessa synstrålar definierades som som rätlinjiga strålar med konstant hastighet. Matematikern och filosofen Euklides postulerade också att föremål på vilka synstrålar föll ses, medan föremål över vilka synstrålar inte faller inte ses.[33]

Idén att ögat är en aktiv del av seendet kan tyckas intuitiv, och har i viss påverkat vårt språk och vår allmänna uppfattning om syn.[31][34] Uttryck som att "slänga ett ögonkast" eller "ett ögonblick" finns i svenskan, vilket låter som en rest från idén att ögat sänder ut någon sorts stråle. Vid en nationell utvärdering 1995 av 700 elever i årskurs 9 ställdes frågan om hur seendet fungerar, varpå 27% ger svar som inbegriper någon sorts synstråle utsänd från ögat.[33] Andra uttryck som kan missleda är "att kasta en skugga" eller "min skugga", vilket får skuggan att låta som någonting annat än bara frånvaro av ljus. (Jämför med det engelska uttrycket "*cast a shadow*".)

Det skulle dröja drygt 1000 år innan den arabiske filosofen Alhazen tack vare ökad anatomisk kunskap om ögats uppbyggnad och funktion kunde avfärda synstrålar och resonera sig fram till att synsinnet baserades på strålar emitterade från föremål, in i ögat. Han fann att en näthinna fanns på insidan av ögat som registrerade ljuset och vidarebefordrade information till hjärnan. Ett av de enkla experiment Alhazen använde var att titta mot solen, och upptäcka att han fick ont i ögonen. Han kunde också kolla på reflektioner av solen, eller kraftigt upplysta föremål och uppleva samma sak, och använda detta som argument mot synstrålar.[33] Detta är ett enkelt experiment som kan utföras var som helst, och som kan ge insikt i att det alltid är föremål som sänder ifrån sig ljusstrålar, och inte ögat själv.

I början av 1600-talet kunde Johannes Kepler slutligen formulera grunderna för den geometriska optik vi använder än idag. Han konstaterade att ljus färdas från en källa, i oändligt antal räta linjer, mot oändligheten. Han visade också hur ögats lins projicerar omvärlden på näthinnan.[33]

Det kan vara kritiskt för elevernas förståelse att ge en grundläggande förklaring till hur seendet fungerar, och varför ljus kan observeras. Om eleven får intrycket av, eller har föreställningen, att ögat automatiskt ser lysande eller belysta objekt kan eleven, enligt Drivers konstruktivistiska modell, basera sina optiska kunskaper runt en helt felaktig mo-

dell.

När eleverna fått en djupare förståelse att bygga sina optikkunskaper på kan läraren gå vidare i sin undervisning, där olika didaktiska metoder kan användas för varje enskilt ämne.[31]

3.4.1 Våglära

En del av optikundervisningen rör interferens, diffraction och brytning. Alla dessa fenomen inbegriper hur ljusvågor påverkar varandra, ett ämne som utvecklat sin egen didaktik.

Våglära, eller vågrörelselära, är ett samlingsnamn för läran om ytvågor, mekaniska vågor och elektromagnetiska vågor. Inom optiken är det främst elektromagnetiska vågor som är relevant, då fotoner faller inom den kategorin.

En utmaning för läraren som ska undervisa om ljudvågor eller ljusvågor är att ingen av dem är direkt synlig. Detta kan göra undervisningen abstrakt och svår att acceptera för eleverna. För att eleverna ska kunna lära sig abstrakta koncept bör man som lärare ständigt balansera det abstrakta mot konkreta koncept.[35] Då bör läraren försöka visualisera det som vanligtvis inte är synbart. För vissa fenomen kan man visa hur vattenvågor beter sig, och förklara att ljudvågor och ljusvågor beter sig på samma sätt. Man kan också demonstrera osynliga vågor och vågegenskaper med hjälp av datorsimulationer.

Det finns också flera konkreta demonstrationer som kan utföras för att eleverna ska kunna verifiera riktigheten i det som undervisats. Man kan med hjälp av två högtalare kopplade till en våggenerator få höra den interferens som uppstår av två punktkällor i fas.[36] Man kan också använda en enkelspalt eller ett hårstrå för att visa diffraction hos ljus, se avsnitt 5.1. Med liknande demonstrationer eller experiment kan läraren visa för eleverna att de teorier om våglära som lärs ut faktiskt stämmer.

4 Val och utveckling av lektioner

Med grund i de tidigare avsnitten om pedagogik och didaktik var syftet att ta fram intresseväckande lektioner inom optik. I detta avsnitt förklaras hur dessa lektioner valdes ut och utvecklades från laborationsbeskrivning till färdiga lektioner.

4.1 Val av lektioner

Arbetet med att välja ut vilka lektioner som skulle genomföras och utvecklas utgick från lektionskompendiet från *Light and Lasers Outreach Kit*. [37] Kompendiet innehåller 10 experiment som berör olika områden av optiken. Experimentens målgrupp är grundskola och vissa program på gymnasiet enligt den nuvarande svenska översättningen. För att få en uppfattning om vilka av dessa lektioner som eleverna själva tyckte var mest intressanta användes en grupp elever på naturvetenskapliga program som tillfrågades om vilka lektioner som lät mest intressanta. Undersökningen bestod av intervjuer i mindre grupp där laborationerna snabbt presenterades och eleverna tillfrågades om vilken laboration de helst ville göra. Eleverna fick rösta på så många lektioner de ville och rangordnade ej de val de gjorde efter vilken som verkade mest intressant. Svaren sammanställdes sedan för att kunna dra slutsatser kring elevernas intresse. Den laboration som enligt eleverna var mest intressant kallas *Mätning av tjockleken på ett hårstrå med laser* och intresserade 57 % av eleverna. Laborationen som var näst mest populär ville 54 % av eleverna utföra, detta var laborationen som i kompendiet kallas *Lasermikroskop*. Dessa två laborationer var i särklass populärast, då den tredje mest intressanta lektionen endast ville genomföras av 38 % av eleverna. En sammanställning av resultaten ses i tabell 1.

Vi beslutade att rikta in arbetet mot elever på gymnasiet och högstadiet. Denna avgränsning gjordes för att kunna utnyttja våra optikkunskaper till fullo eftersom högstadie- och gymnasieelever gör större ämnesfördjupning inom optik och fysik.[23][24] Det var också så att de lärarkontakter som fanns tillhanda framför allt var till lärare på högstadier och gymnasier i Göteborgsregionen. En av oss studerar också till gymnasielärare inom fysik vilket förenklade förståelsen för gymnasieskolans struktur och upplägg med pedagogik och didaktik. För en lärare på låg- och mellanstadie är de pedagogiska utmaningarna mycket större i undervisningen, då grunden för fortsatta skolstudier görs här, och fysik som separat ämne introduceras inte innan högstadiet.[24] Även detta var en avgörande faktor att avgränsa arbetet mot målgruppen på högstadiet och gymnasiet.

Efter denna avgränsning tyckte vi att de två laborationer som lät mest intresseväckande för den

Laboration	Antal intresserade elever	Procent
<i>Monokromatiskt ljus</i>	7	19 %
<i>Kollimerat ljus</i>	4	11 %
<i>Koherent ljus</i>	4	11 %
<i>Absorption, transmission, reflektion och gummibjörnar</i>	10	27 %
<i>Lasermikroskop</i>	20	54 %
<i>Reflektion och brytning</i>	5	14 %
<i>Färgseparation och blandning</i>	6	16 %
<i>Mätning av laserns våglängd</i>	14	38 %
<i>Mätning av tjockleken på ett hårstrå med en laser</i>	21	57 %

Tabell 1: Sammanställning av svar från en intresseundersökning med två gymnasieklaser, där eleverna fick rösta på de experiment de ville genomföra. Experimenten är tagna direkt ur *Light and Lasers Outreach kit*. [3] Totalt deltog 37 elever i undersökningen.

ovan nämnda målgruppen var *Mätning av tjockleken på ett hårstrå med laser* och *Lasermikroskop*. Det som gjorde att dessa två lektioner stod ut jämfört med de andra lektionerna enligt oss var att de är vardagligt förankrade, genom att man studerar saker som finns runt omkring en. Genom att eleven kan relatera till själva laborationen var det tänkt att detta skulle göra momentet mer intressant och därigenom också mer lärorikt, i enighet med Deweys tankar kring lärande i avsnitt 2.3. Efter sammanställning av denna reflektion med resultatet från intresseundersökningen mot gymnasieelever valdes till slut de två ovan nämnda laborationerna, och arbetet med att utveckla lektionerna kunde påbörjas.

4.2 Utveckling av lektioner

För att omarbete de två laborationsplaneringarna från *Light and Lasers Outreach Kit*, som är anpassade till amerikanska skolan, till lektioner som gick att tillämpa i Sverige krävdes studier av läroplaner i fysik och elevernas förkunskaper inom optik.

4.2.1 Studie av läroplaner

Genom studier av de svenska läroplanerna för kurser i fysik från högstadiet till gymnasiet kunde en relevant målgrupp tas fram för de båda lektionerna.

Lektionen som kretsar kring mätning av ett hårstrås tjocklek innefattar begrepp som diffraktion, som introduceras i kursen Fysik 2 i gymnasiet. Under de lärandemål som finns i denna kurs står det bland annat att kursen ska behandla "inter-

ferens av ljus". Detta mål står i direktkontakt med begreppet diffraktion, som handlar om olika fenomen som kan uppstå då ljusvågor möter en öppning eller ett hinder. Även andra delar i det centrala innehållet i kursen behandlas under lektionen, som till exempel våg- och partikelbeskrivningen av elektromagnetisk strålning. [23]

Lasermikroskopslaborationen bygger på andra delar av optiken som brytning i linser och strålgång. Denna del av fysiken fanns tidigare i gymnasiekursen Fysik A men har blivit borttagen från läroplanerna i gymnasiet. [38] Geometrisk optik ingår nu enbart i grundskolans fysikundervisning. I läroplanen för fysikkursen i högstadiet står bland annat att "ljusets utbredning, reflektion och brytning" ska tas upp under kursens gång. [24] Alla dessa moment tas upp i förklaringen för hur lasermikroskopet fungerar.

Gemensamt för de två lektionerna är också att de kretsar kring det experimentella arbetet. Eleven ska arbeta självständigt och utifrån hypoteser undersöka om deras förkunskaper stämde. Detta experimentella arbetssätt är ett viktigt delmål både i kursen Fysik 2 och i ämnet fysik på högstadiet. [23][24]

4.2.2 Testande av försökslektioner

Efter studierna av läroplaner gjordes preliminära lektionsplaneringar till de båda ovan nämnda lektionerna. Dessa lektionsplaneringar baserades på de svenska läroplanerna, men också på den ämneslitteratur som används av elever på gymnasiet inom fysik. Tack vare nära kontakter på en gymnasieskola fick vi chansen att redan tidigt testa dessa lektio-

ner för elever och därmed få en första känsla kring hur eleverna uppfattade lektionskoncepten. Även om det inte fanns belägg för lasermikroskopslabornationen i läroplanen för fysik på gymnasiet var berörd lärare intresserad av att se även denna lektion vilket ledde till att båda lektionerna testades. Undervisningen bedrevs i halvklass i två klasser, vilket ledde till att de två separata lektionerna blev testade två gånger.

Eleverna verkade enligt oss uppskatta lektionskoncepten som framtagits. Även berörd lärare uppskattade tankarna bakom lektionerna och tyckte att de var på väg åt rätt håll. Något som eleverna påpekade var att teorienomgången vid hårstråmätningsektionen var något komplicerad vilket gjorde att några elever ej hängde med. Generellt sett så var också tempot på lektionerna lite för högt vilket ledde till att eleverna hade svårare att ta till sig kunskapen.

4.2.3 Undersökning med kunskapsdiagnos

I samband med de fyra lektionstillfällen där försökslektionerna testades fick de närvarande eleverna utföra en kunskapsdiagnos. En sådan diagnos är ett verktyg som lärare kan använda för att undersöka elevers tidigare kunskaper inom specifika delar av det ämne läraren undervisar i. Genom att välja ut frågor som för det specifika ämnet är relevanta kan läraren få ett skriftligt underlag för förkunskapen hos eleverna. Detta gör att läraren också kan se vilka förföreläringar eleverna har, och med hjälp av detta underlag kunna utforma undervisningen så att den motbevisar dessa. Arbetet för att motbevisa förföreläringar är en viktig del inom lärarens pedagogiska arbete och står beskrivet i avsnitt 2.4. Med hjälp av informationen från kunskapsdiagnosen var tanken att lektionerna därefter skulle kunna läggas på en kunskapsnivå som stämde överens med elevernas förkunskaper.

För att göra detta konstruerades en diagnos med 11 frågor som undersökte elevernas matematiska och fysikaliska kunskaper. De matematiska frågorna handlade om tiopotenser, radianuttrycket och grundläggande trigonometri. Valet av frågor berodde på att härledningarna för den teori som ligger bakom enspaltsdiffraktion bygger delvis på dessa matematikdelar. Frågorna om fysik testade elevernas kunskap om brytningslagen, linser och våglära. En sista fråga undersökte elevernas kunskap kring

laserljus. Förutom rena kunskapsfrågor efterfrågades också om eleverna tidigare arbetat med optik på högstadiet. Diagnosen kan ses i sin helhet i appendix A.

37 elever som läste fysik på gymnasiet fick göra diagnosen. På frågorna som kretsade kring våglära och vågegenskaper hade många elever felaktig eller ingen uppfattning. Till exempel var diffraktionsbegreppet till 84 % okänt. Inom linsläran, som ingår i högstadiefysiken, var det hälften av eleverna som svarade rätt och kunde förklara konvexa och konkava linser. Även Snells lag var ett okänt begrepp där endast 3 % kunde ge en korrekt förklaring. Vid undersökningen av elevernas kunskap kring laserljus gav 38 % av eleverna exempel på en eller flera av de egenskaper som är karaktäristiska.

På delen kring matematik visade eleverna att de hade en god kunskap kring grundläggande trigonometri, där 70 % kunde ekvationerna för de vanligaste trigonometriska uttrycken; sinus, cosinus och tangens. Frågan där eleven skulle förklara radianuttrycket hade många elever problem med, endast 18 % av eleverna kunde förklara detta korrekt. På frågan om de tidigare arbetat med optik på högstadiet svarade endast 56 % av eleverna ja. Flera av de elever som svarade ja nämnde också att optikundervisningen tidigare varit en mindre del av deras totala fysikundervisning.

4.2.4 Resultat av läroplansstudier, försökslektioner och kunskapsdiagnos

Genom att sammanställa resultaten från läroplansstudier, försökslektioner och kunskapsdiagnoser kunde färdiga lektionsplaneringar konstrueras.

Lektionen *Mätning av tjockleken på ett hårstrå med laser* designades för att passa in i undervisningen av kursen Fysik 2 på gymnasiet. Diagnosen visade att de flesta elever hade problem med begreppen som behandlade våglära och diffraktion, troligen på grund av att de tidigare inte arbetat med detta. Därför konstruerades lektionen så att den går igenom teorin grundligt för att skapa en bra första kontakt med viktiga begrepp som interferens och vågaddition, vilket var en viktig lärdom från försökslektionerna. Det laborativa momentet i lektionen har tagit inspiration från laborationsbeskrivningen i *Light and Lasers Outreach Kit*. Det laborations-pm som konstruerats använder liknande datablad som de som kan återfinnas i häftet.

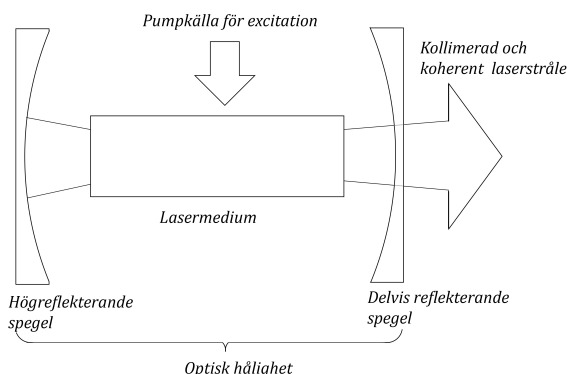
Skillnaden i det laborativa momentet är att eleverna är i mindre grupper på två eller tre elever, vilket kan jämföras med laborationsbeskrivningen i kittet där klassen delas upp i två grupper. Eftersom diffraktionsbegreppet är såpass abstrakt har vi också valt att gå igenom mer teori kring detta under lektionstillfället, något som inte tas upp explicit i kittet.[37]

Den lektion som kallas för *Lasermikroskop* utvecklades istället mot både högstadie- och gymnasieelever. Mot högstadiet utvecklades en lektion som inte fokuserade så mycket på matematiken bakom mikroskopet, utan istället prioriterades den geometriska optiken. Undervisningen riktas mot interaktivt lärande där eleverna får undersöka olika linser och lampor. Även om geometrisk optik inte längre behandlas på gymnasiet, utvecklades en mer teoretisk lektion för gymnasieelever. Detta berodde på att gymnasielärare som vi var i kontakt med efter försökslektionen var intresserade av att se även denna lektion, som en repetition från högstadiestudierna inom fysik. Även kunskapsdiagnosen som hölls tydde på att en repetition av högstadieoptiken kunde vara givande. Lektionen som riktade sig mot gymnasieelever riktade mer in sig på teorin bakom lasermikroskopet, med en större matematisk prägel. Även i denna lektion har använts stora delar av det laborativa moment som beskrivnet i *Light and Lasers Outreach Kit*. [37] Skillnaden är att eleverna inte får lika hårda riktlinjer, utan får experimentera för att få ett bra resultat med avstånd och uppställning. Vi har också valt att lägga till en teorigenomgång av geometrisk optik för att komplettera det laborativa momentet.

Vid båda ovanstående lektioner har lasrar en central roll. På grund av den okunskap som kunde observeras kring laser enligt kunskapsdiagnosen bestämdes därför att en förklaring av laserljusets egenskaper skulle finnas vid båda lektionerna. Vi kände också att det var viktigt att informera eleverna kring faran med användande av laser för att eleverna skulle visa respekt för utrustningen och varandra.

4.3 Laserteori

I båda de lektioner som valts ut används laserpekare som ljuskällor. Laserns egenskaper är centrala i båda dessa laborationer, därför följer här en genomgång kring hur en laser konstrueras och vilka



Figur 2: Figuren visar en förenklad modell av en lasers konstruktion. Här används två konkava speglar, varav den ena spegeln är delvis transmittande, för att få den önskade uppbyggnaden av laserljuset.

dess speciella egenskaper är.

Lasern uppfanns 1960 av Theodore Maiman, och kunde konstrueras efter att kvantfysiken introducerats. För att förklara hur en laser konstrueras studeras ett material där vissa atomer är i ett exciterat tillstånd. Om en foton emitteras mot provet som har samma energi som energiskillnaden mellan den exciterade tillståndsnivån och ett lägre energitillstånd kan stimulerad emission ske. Emissionen från atomen kommer då bestå av två fotoner av samma våglängd, fas, polarisation och propagationsriktning som den stimulerande fotonens.[39]

Med hjälp av denna princip byggs en laser upp. En bild på hur en laser kan konstrueras kan ses i figur 2. För att få ut så mycket stimulerad emission som möjligt används populationsinversion. Detta innebär att en stor del av atomerna exciteras till ett högre energitillstånd. För att göra detta används ofta elektriska urladdningar.

När populationsinversion är uppnått i mediet sänds stimulerande fotoner som matchar en viss energiskillnad mellan tillstånd mot mediet. Då skapas en kedjereaktion där stora mängder av fotoner emitteras när atomernas energitillstånd sänks. Genom att välja ett lämpligt ämne kan alltså fotoner med en specifik våglängd skapas som är *koherenta*, alltså i fas. För att sedan kunna få en koncentrerad ljusstråle där de flesta fotoner rör sig parallellt med varandra, *kollimerat* ljus, konstrueras hålghet-

ten som fotonerna skapas i på ett speciellt sätt. I båda ändarna av håligheten placeras speglar parallellt med reflekterande ytor riktade mot varandra. Genom att den ena spegeln är konstruerad så att den reflekterar i princip allt ljus medans den andra spegeln reflekterar en del av ljuset kan fotonerna studsas fram och tillbaka i laserns hålighet. Med hjälp av denna konstruktion sker en mycket stark uppbyggnad av strålen där ljuset i princip har samma riktning. Strålen emitteras ut genom den semi-reflekterande spegeln och detta leder till den starkt kollimerade ljusstråle som är karaktäristisk för lasrar. På grund av den stora kollimeringen kan laserljuset vara potentiellt farligt för det mänskliga ögat.

4.3.1 Säkerhetsaspekter kring laserljus

Eftersom lasrarna från *Light and Lasers Outreach Kit* ska användas i en skolmiljö är det viktigt att veta att de är säkra. På grund av dessa lasrars låga effekt är de nästan helt ofarliga. Den svenska lagstiftningen kring lasrar är strikt, och endast lågeffektlasrar är godkända att köpa utan tillstånd.[40] Detta beror på att laserljus med hög effekt som hanteras felaktigt kan skada det mänskliga ögat allvarligt på grund av den starka kollimering som förklarats tidigare.

Förståelsen för de mekanismer som kan leda till ögonskador fås genom att studera de komponenter som det mänskliga ögat består av. Synligt ljus som inkommer mot ögat passerar först hornhinnan där ljuset bryts. Brytningen gör att ljuset kan passera genom pupillen i ögat och vidare till en kristallin lins vars funktion är att samla upp ljuset på näthinnan. Det är här som det synliga ljuset görs om till nervsignaler som kan uppfattas av hjärnan. Fara med laserljus av hög intensitet är dess koncentration på grund av kollimeringen. Då ljuset bryts in mot näthinnan koncentreras ljuset upp till 100 000 gånger.[41] På grund av koncentrationen kan laserljus orsaka allvarliga brännskador på näthinnan vilket kan leda till mycket svåra synskador.

I det kit som används vid lektionerna finns två stycken lasrar med samma effekt, en grön och en röd laser.[3] Dessa lasrar är av klass 2 vilket innebär att deras uteffekt ej får överstiga 1 mW.[40] På grund av den låga effekten finns det ingen större fara vid exponering mot ögonen eftersom ögats blinkreflex hinner stänga ögat innan permanent skada sker.

Ljuset från den gröna lasern kan uppfattas som mer intensivt i förhållande till den röda lasern, men det är inte mer skadligt. Detta beror på att ögat är som mest känsligt för ljus med en våglängd kring 550 nm vilket kan jämföras med den gröna laserns våglängd på 532 nm. Även om båda de lasrar som används vid lektionerna har mycket låg intensitet är det viktigt att poängtera för eleverna hur en laser ska hanteras på korrekt sätt. Det är mycket viktigt att aldrig lysa mot ögat och även reflektioner mot ögonen ska undvikas. Därför är det rekommenderat att lasern används i ett annat plan än det plan där eleverna observerar. För att öka säkerheten ska eleverna även informeras om att lasern endast ska vara på då mätningar görs.

5 Färdiga lektioner och bakomliggande teori

I detta avsnitt beskrivs de två lektioner som tagits fram efter utvecklingen som tidigare beskrivits. Här presenteras lektionsuppläggen och också den teori som de respektive laborationerna baseras på.

5.1 Mätning av tjockleken på ett hårstrå med laser

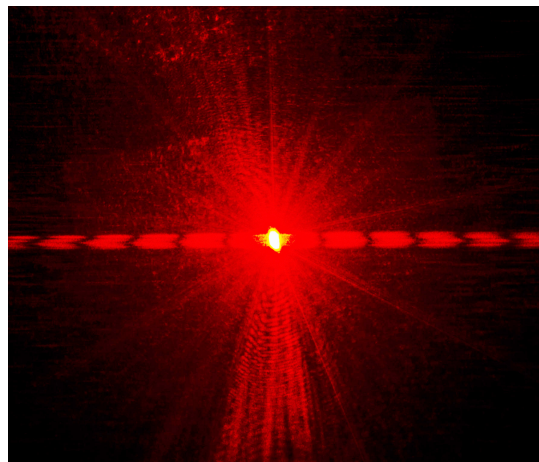
En lektion där eleverna ska undersöka ett hårstrås tjocklek med hjälp av en laser konstruerades med inspiration av David Kolbs teorier kring upplevelsebaserat lärande, som kan läsas i avsnitt 3.2. Det första som sker är en kortare introduktion där ämnet som behandlas under lektionen introduceras. Efter detta får eleverna arbeta själva och få en första uppfattning kring begreppet diffraktion, det moment som Kolb kallar för en konkret upplevelse. Då det laborativa momentet avslutats reflekterar eleverna tillsammans över sina resultat, för att sedan avsluta lektionen med en teorigenomgång, av Kolb kallat formulering av abstrakta teorier. Detta tillvägagångssätt används för att engagera eleverna och därmed skapa ett större intresse. Tanken med lektionen är att den kan vara en intresseväckande början för den del av kursen som kretsar kring vågor och ljusets vågnatur.

Vid introduktionen nämns grundläggande principer för förståelsen av laborationen. Viktiga delar är till exempel laserljusets egenskaper och hur de skil-

jer sig mot ljuset från taklampor eller solen. Det läggs också vikt på att förklara säkerhetsaspekterna kring användandet av laser. Även konceptet med diffraktion kring ett objekt tas upp. Introduktionen avslutas genom att eleverna tillsammans får formulera en hypotes om hur tjockt de tror att ett hårstrå är.

Efter detta får eleverna gruppvis göra undersökningar med hjälp av en laser, mätutrustning, hårstrån och en laborationsbeskrivning. Användandet av en laser är nödvändigt för att laserljuset är koherent. Det hjälper också att ljuset är monokromatiskt, då eleverna annars skulle observera ett spektrum av färger vid varje interferensmaxima om ljuset bestått av flera olika våglängder. Mycket vikt läggs vid det laborativa momentet, då det ger en handgriplig kontakt med diffraktion. Laborativa moment i undervisningen har också visat sig ge bra resultat för elevers inläring. Mer om detta kan läsas i avsnitt 3.3. Genom att göra undersökningar på hårstrån från olika elever i klassen, men också på andra objekt som hårstrån från häst och marsvin, är tanken att eleven ska kunna dra en slutsats kring hårstråns olika storlek. Det förväntade resultatet vid diffraktion av ett människohårstrå kan ses i figur 3. Med variation av hårstrån och avstånd mellan laser och skärm kan eleverna få en större förståelse för den formel de använder. Arbetssättet blir ett praktiskt exempel på variationsteori, som behandlats i avsnitt 3.1. Därefter antecknas resultaten för senare analys i ett laborations-pm, som kan ses i appendix B.

När eleverna är färdiga med det självständiga arbetet jämförs deras resultat på tavlan. Från denna jämförelse kan sedan slutsatser kring mätosäkerhet göras vilket är viktigt inom experimentella arbeten. Resultaten återkopplas också med den tidigare formulerade hypotesen. Detta är ett moment som direkt knyter an till det centrala innehållet i Fysik 2 där eleven ska utveckla sin förmåga och förstå betydelsen av att arbeta experimentellt.[23] Slutet av lektionen tillägnas en härledning av den formel som används för att beräkna hårstråttjockleken. Med kunskapen om när vågor interfererar destruktivt i en enkelspalt kan formeln lösas ut genom förenklingar och geometri. En noggrann härledning kan ses i avsnitt 5.1.1. För en mer detaljerad lektionsplanering, se appendix C.



Figur 3: I figuren ses det diffraktionsmönster som skapas då ett hårstrå med en tjocklek på ungefär 0.1 mm belyses med laserljus.

5.1.1 Härledning av formel för hårstråttjocklek

Nedan förklaras teorin som behövs för att härleda formeln för som är relevant för mätning av ett hårstråns tjocklek. Något som är viktigt att notera är att denna härledning är mer detaljerad än vad härledningen för eleverna vid lektionen är. För att förstå hårstråmätningen behöver diffraktionsbegreppet förklaras. Detta kan göras genom att studera en enkelspalt som blir belyst med laserljus av en våglängd. Att diffraktionen vid en enkelspalt beter sig på liknande sätt som diffraktionen vid ett hårstrå kan förklaras med hjälp av Babinetets princip. Principen säger att diffraktionsmönstret från ett icke-transparent objekt och en öppning är identiskt om öppningens storlek och form är likadan som objektets.[39]

Med hjälp av figur 4 kan fysiken bakom diffraktion förklaras. Enkelspalten blir belyst med koherenta ljusvågor av våglängd λ . Ljuset är också kollimerat när det når enkelspalten. När en vågfront nått fram till spaltens öppning, kommer utbredningen förändras. Det är därför bra att se vågfronten vid spaltöppningen som sammansatt av oändligt många punktkällor, oändligt små ljuskällor som sprider ljuset åt alla håll.

Om ljusvågorna från två olika punktkällor är en halv våglängd, $\lambda/2$, ur fas interfererar de destruktivt. Detta sker om avståndet mellan dem i spal-

ten är då $d \sin(v')/2$. Genom insikten att för varje punktkälla finns det en annan punktkälla på avstånd $d \sin(v')/2$ som interfererar destruktivt med denna fås ett interferensminima som kan observeras på en vägg eller skärm framför spalten. Villkoret för interferensminima blir då

$$d \sin(v') = m\lambda \quad (1)$$

där d är öppningsstorleken, v' är vinkeln som ses i figur 4 och m är intensitetsminima där $m = \pm 1, \pm 2, \dots$. Genom en omskrivning av ekvation (1) kan den formel fås som används vid laborationen. Här betraktas första interferensminima, $m = 1$. Först görs observationen att $v' \approx v$, då de två trianglarna i figur 4 i princip är likformiga eftersom $L \gg s$ och $d \gg \lambda$. Detta leder till att v' och v är mycket små och att $\tan(v) \approx \sin(v) \approx \sin(v')$. Med detta fås att

$$\sin(v') = \frac{\lambda}{d} \approx \frac{s}{L}. \quad (2)$$

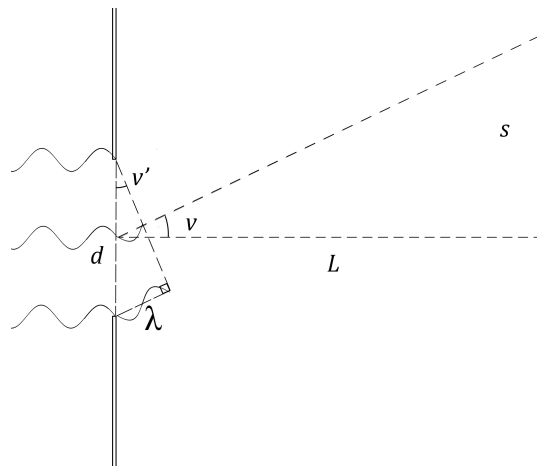
Om d bryts ut i ekvation (2), och d sätts som hårstråets diameter, $2s$ sätts som avståndet mellan de första interferensminima $m = \pm 1$, λ som våglängden på ljuset och L som avståndet till den skärm som diffraktionsmönstret observeras på fås det slutgiltiga uttrycket

$$d = \frac{\lambda \cdot L}{s}. \quad (3)$$

Den sistnämnda ekvationen används för att mäta hårstråets tjocklek.

5.2 Lasermikroskop

I denna lektion bygger eleven ett så kallat lasermikroskop, där en hängande vattendroppe fungerar som en sfärisk lins som belyses med kollimerat ljus, i detta fall laserljus. Ljuset bryts genom droppen och projiceras därefter på en skärm, där man kan se en förstorad bild av droppens innehåll. Vattnet i mikroskopet hämtas med fördel från en stillastående vattensamling som innehåller många olika slags mikroorganismer. Dessa organismer kan då ses samma omkring på den projicerade bilden och elevernas uppgift blir att bestämma deras storlek. Lektionen är uppdelad i tre delar och inleds med en teorigenomgång av linser och uppställning

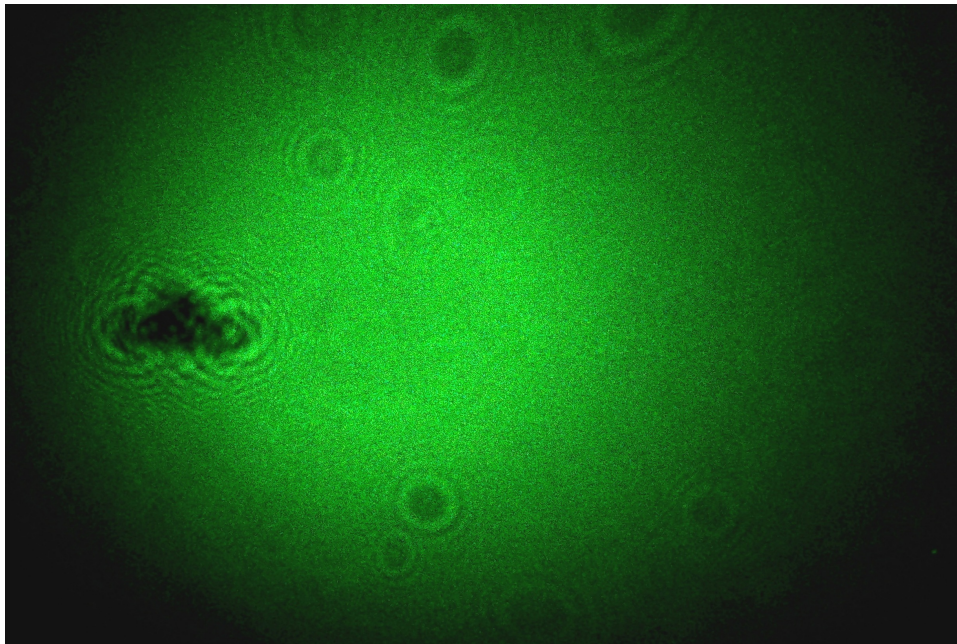


Figur 4: Figur som visar hur diffraktion sker i en enkelspalt. Genom att belysa spalten med laserljus, kommer de spridda ljusvågorna att interferera så att det karakteristiska diffraktionsmönstret skapas.

av experimentet. Därefter får eleverna bygga lasermikroskop i små grupper och slutligen samlas resultaten in muntligt på tavlan för att göra rimlighetsbedömningar och prata om eventuella approximationer och vad som kan påverka förstoringsberäkningarna. Se appendix D för en mer detaljerad lektionsplanering.

Experimentet baseras på linser och strålgång, men nivån kan höjas genom att introducera begrepp som brytningslagar och brytningsindex och matematiskt härleda förstoringen som skapas av droppen. Stråloptik ingår numera inte i fysikkurserna i gymnasiet, utan linser och strålgång ska läras ut någon gång i högstadiet.[24] Experimentet är därför främst avsett för högstadieelever, men kan också genomföras med gymnasieelever som repetition, då många har olika bakgrund och kanske inte lärt sig samma teori i sina respektive grundskolor. Med utgångspunkt i diagnosen som genomfördes med två gymnasieklasser, se avsnitt 4.2.3, såg vi till exempel att många elever ansåg att de inte hade haft någon optikundervisning alls på högstadiet.

Lektionen om lasermikroskopet inleds med en teorigenomgång där eleverna får en chans att pröva sina förföreställningar om strålgång och linser; denna didaktik beskrivs närmare i avsnitt 2.4. Läraren interagerar mycket med eleverna och låter dem un-



Figur 5: Foto av projicerad bild från ett lasermikroskop. Den distinkta skuggan till vänster är en mikroorganism, med en storlek på ungefär $100\ \mu\text{m}$, som befinner sig i den belysta vattendroppen.

dersöka linser och därmed själva dra slutsatser om deras egenskaper. Eleverna får i små grupper prova att belysa konvexa och konkava linser med parallella ljusstrålar för att på egen hand undersöka och hitta brännpunkter och se att ljuset bryts i randen mellan två olika media, i detta fall luft och plast. Tanken med detta moment är att alla elever ska få en chans att iaktta strålgången genom linserna och skapa sig en intuitiv förståelse för geometrisk optik. Således kan eleverna starta det senare experimentet med samma kunskap om hur linserna bryter ljuset och det är lätt att återkoppla till detta senare under lektionens gång. Materialet som användes under denna övning finns att se i appendix E.

Nästa moment i lektionen är att gå igenom uppställningen för experimentet. Eleverna bör här känna igen scenariot med vattendroppen som belyses med kollimerat ljus från föregående övning, där de belyste en konvex lins med parallella ljusstrålar. Läraren använder sig på så vis av variationsteori genom att visa samma slags strålgång fast med andra objekt. Mer om variationsteorin finns att läsa i avsnitt 3.1. Eleverna får en djupare förståelse för strålgången och läraren kan då istället lägga fokus på att förklara hur mikroskopiska organismer

i droppen kastar skuggor, och hur dessa skuggor projiceras på skärmen, se figur 5. Förstoringen av objekt i droppen ges av förhållandet mellan projiceringsringen och storleken på mikroorganismen. Här får eleverna öva på att använda skalbegreppet, vilket ingår i kursplanen för matematik på högstadiet.[42]

Eleverna ska därefter bygga sina lasermikroskop med ett visst givet avstånd mellan droppen och skärmen så att alla grupper uppnår ungefär samma förstoring. Syftet med detta är att eleverna, beroende på kunskapsnivå, inte ska behöva använda olika ekvationer för att räkna ut förstoringen. De kan istället räkna med en given förstoring som är ungefär samma för alla och med hjälp av skalbegrepp räkna ut hur stora mikroorganismerna i droppen är. För de gymnasieklasser vi har besökt har eleverna fått en större frihet att själva välja lämpliga avstånd i uppställningen. De har kunnat variera förstoringen genom att ändra på en eller flera faktorer, som till exempel avståndet mellan droppe och skärm, och därmed tillämpat variationsteori.

Experimentet är av formen sluten laboration, som beskrivs närmare i avsnitt 3.3.1. Eleverna får tydliga instruktioner på hur de ska gå tillväga och blir tilldelade det material som behövs. Genom

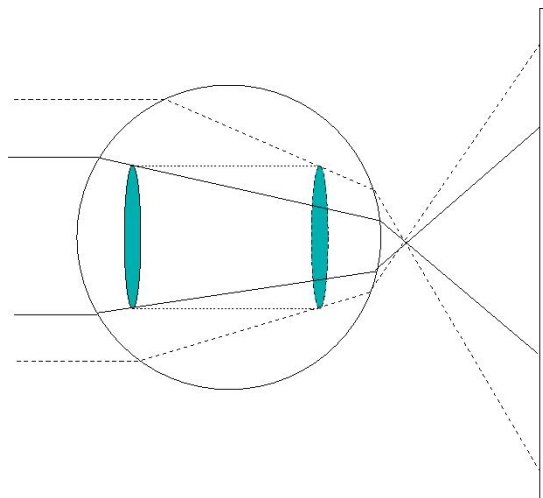
att göra på detta vis kan experimentet inte varieras, och alla elever bör uppnå samma resultat och använda sig av samma kunskaper. De elever som snabbt blir klara får dock möjlighet att laborera friare i mån av tid. Förslagsvis kan de använda olika vattenprover, till exempel kranvatten, och jämföra resultatet.

När eleverna har gjort uppställningen korrekt kan de mäta mikroorganismerna i den projicerade bilden på skärmen. Med den givna förstoringen kan de därefter räkna ut hur stora organismerna i droppen är. Dessa resultat från de olika elevgrupperna samlas in muntligt på tavlan av läraren och tillsammans med eleverna bedömer de hur rimliga svaren är. Faktorer som kan påverka beräkningen av förstoringen är till exempel hur noga eleverna har mätt avstånd eller om de har mätt objekt som har befunnit sig i utkanten av droppen där strålgången distorteras något. Viktigt att poängtera är också att organismernas placering i droppen spelar stor roll för förstoringen. Genom att återanvända bilden av uppställningen kan läraren visa att samma mikroorganism kastar olika stora skuggor beroende på var i droppen den befinner sig, se figur 6. Även här används variationsteorin genom att variera en faktor, placeringen, och visa hur utfallet ändras.

5.2.1 Härledning av formel för förstoring

I detta avsnitt förklaras teorin bakom experimentet, dock på högre nivå än vad som görs i själva lektionen. Gymnasieeleverna får ekvation (8) given, medan högstadijeleverna endast får de två första leden i samma ekvation och använder sig av en given förstoring, som beskrivet i föregående avsnitt. Vårt att notera är att förstoringsberäkningarna fungerar bäst för objekt som befinner nära den optiska axeln i linsen, på grund av den *sfäriska aberration* som sker i kanterna av vattendroppen. Detta beror på att det inte finns en entydig brännpunkt för alla infallande ljusstrålar, och därför kan projicerade objekt från kanten av droppen bli distorterade och svåra att mäta.[43]

I uppställningen får en liten droppe vatten hänga från en vattenfylld spruta. Vattnet belyses med en laserstråle genom droppens mitt och ljuset projiceras på en skärm som står uppställd vinkelrätt mot laserstrålen. Strålgången i experimentet kan följas i figur 7. Vattendroppen fungerar som en sfärisk



Figur 6: Figur som visar skillnaden i förstoring beroende på var i en sfärisk lins ett objekt befinner sig. I figuren ses att objekt som är närmare skärmen i linsen får en större förstoring.

lins som bryter ljuset när det passerar vattenytan. Objekt i vattendroppen kan då ses som skuggor på skärmen och storleken på organismerna kan beräknas. Nedan följer en härledning av förstoringen för objekt som befinner sig i den del av droppen som är närmast ljuskällan.

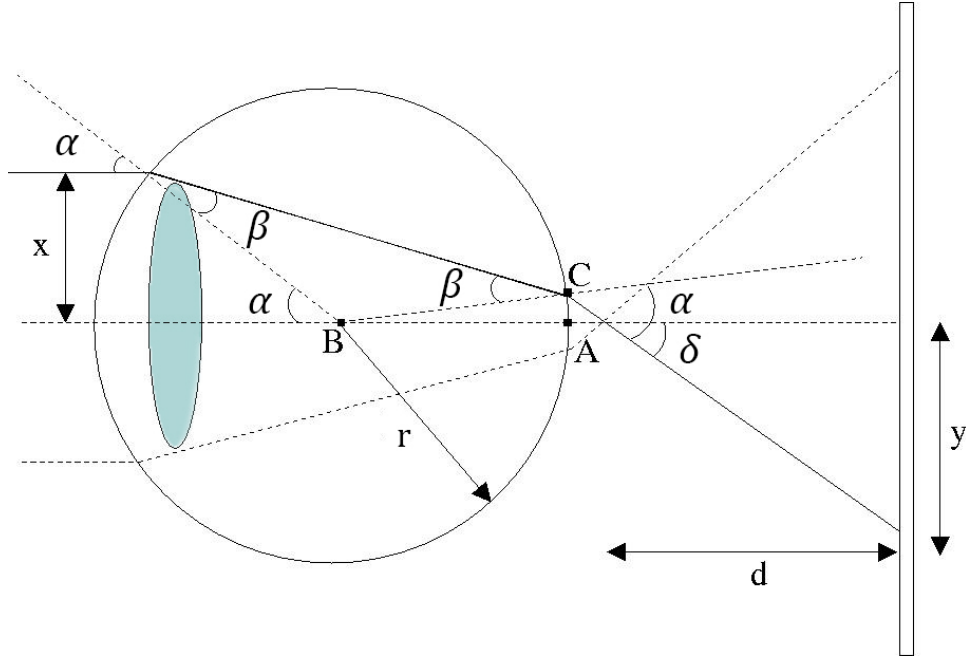
För att härleda den formel som beräknar förstoringen används först Snells lag. I figur 7 ses en oval mikroorganism. Infallande ljus har en vinkel α mot ytnormalen på vattendroppen. Det brutna ljuset har sedan en vinkel β mot normalen. Dessa är relaterade till varandra enligt

$$n_{luft} \sin(\alpha) = n_{vatten} \sin(\beta), \quad (4)$$

där n_{luft} och n_{vatten} är brytningsindex för luft respektive vatten. För att förenkla uttrycket ovan används att $n_{luft} \approx 1$ och $n_{vatten} = n$. Ovanstående uttryck kan sedan relateras till de utritade vinklar som kan ses i figur 7. Här ses att

$$\begin{aligned} \delta &= \alpha - \angle ABC \\ \angle ABC &= 2\beta - \alpha \\ \Rightarrow \delta &= 2(\alpha - \beta) \end{aligned} \quad (5)$$

Från ekvation (5) relateras δ till avstånden y och x för att kunna få ut förstoringen. Med figur 7 och



Figur 7: I figuren visas strålgången genom en sfärisk lins. I denna uppställning används en droppe vatten som lins, som också innehåller vattenlevande organismer. Dessa representeras av det ovala objektet till vänster i droppen i figuren.

relationen mellan α och β från ekvation (4) fås

$$\begin{aligned}\alpha &= \arcsin\left(\frac{x}{r}\right) \\ \beta &= \arcsin\left(\frac{1}{n} \sin(\alpha)\right) = \arcsin\left(\frac{x}{nr}\right) \\ \Rightarrow \delta &= 2\left(\arcsin\left(\frac{x}{r}\right) - \arcsin\left(\frac{x}{nr}\right)\right).\end{aligned}\quad (6)$$

I ekvation (6) är r vattendroppens radie, n vattnets brytningsindex och x den ellipsformade mikroorganismens halva storaxel. För att förenkla ekvation (6) ytterligare antas att vinklarna α, β och δ är mycket små. Detta leder till approximationen $\arcsin(x) \approx x$ och till uttrycket

$$\delta = 2\left(\frac{x}{r} - \frac{x}{nr}\right) = \frac{2x}{r}\left(1 - \frac{1}{n}\right). \quad (7)$$

Från definitionen av förstoring, alltså kvoten mellan projektion och verklig storlek, fås med hjälp av ekvation (7) att

$$M = \frac{y}{x} = \frac{d \tan(\delta)}{x} = \frac{2d}{r} \left(1 - \frac{1}{n}\right), \quad (8)$$

där y är den avbildade storleken av mikroorganismens radie, d är avståndet till skärmen från droppen och M är objektets förstoring. Då vinkeln δ är mycket liten har förenklingen $\tan(\delta) \approx \delta$ gjorts.

I de fall där linsen är i ett annat medium än luft ser den generella formeln ut

$$M = \frac{y}{x} = \frac{d \tan(\delta)}{x} = \frac{2d}{r} \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right), \quad (9)$$

där n_1 och n_2 är brytningsindex för det medium där ljuskällan finns respektive det medium linsen är gjord av.

De objekt som befinner sig i den del av droppen längst bort från ljuskällan förstoras mer än vad ekvation (8) anger; se figur 6 för en figur med strålgång genom droppen. Den maximala förstoringen ges istället av

$$M_{max} = \frac{d}{2r} \frac{n}{(2-n)}. [44] \quad (10)$$

Med en droppe vars radie är 2 mm och med ett avstånd på 40 cm från droppen till skärmen kan

objekten, beroende på var de befinner sig i droppen, förstoras 100-200 gånger.

6 Val och utveckling av utvärderingsmetoder

För att avgöra om och i vilken grad fysikintresset ökat har en utvärdering tagits fram i form av en enkät för de skolelever som testat laborationerna samt en intervjubaserad utvärdering med elevernas ordinarie lärare. Förutom att bedöma attitydförändringar har utvärderingen använts löpande under projektets gång som underlag för diverse förändringar av lektionerna.

6.1 Kvantitativ utvärdering

Ett stort antal elever har varit delaktiga under framtagningen av lektionerna. Deras åsikter har varit av yttersta vikt för att bedöma huruvida de hållna lektionerna gett mersmak för fysik och hur de ytterligare skulle kunna förbättras. För att på ett smidigt sätt ta del av dessa åsikter under den begränsade lektionstid som stod till förfogande ansågs en kvantitativ metod vara lämplig.

Kvantitativa metoder ger möjlighet till att tidseffektivt samla in åsikter från ett stort urval. De kräver, i förhållande till kvalitativa metoder, lite efterarbete innan materialbearbetningen kan påbörjas och det standardiserade frågorna ger förhållandevis lättolkade resultat. Dock förlorar man möjligheten att ställa allt för komplicerade frågor och oplanerade följdfrågor.[45] Eftersom frågorna formuleras i förväg riskeras även att frågeformulerarens egna förutfattade meningar om det som mäts lyser igenom och påverkar respondenterna.[46]

6.1.1 Mätning av attityder

En persons attityder är inte fullt så enkla att mäta som andra, fysiska, egenskaper så som vikt eller längd. En av de första att ge sig på att mäta attityder var amerikanen Louise Leon Thurstone som 1928 publicerade *Attitudes can be measured* i American Journal of Society.[47] I artikeln belyser han svårigheterna som uppstår vid attitydmätningar, under vilka antaganden det överhuvudtaget är möjligt och ger förslag på hur man kan mäta dem

med hjälp av thurstoneskalan. De nödvändiga antagandena är att en uttryckt åsikt speglar en attityd, att attityder kan förändras över tid samt att det är intressant att mäta en påstådd attityd även om den inte speglar respondentens sanningsenliga åsikt. Vidare kan attitydmätningar endast ske under omständigheter där det är minimal press på den attityd som mäts. Det är under dessa grundläggande antaganden utvärderingen använts.

Sedan Thurstone deklarerade att det är möjligt att mäta attityder har flera nya metoder tagits fram. Den i dagsläget mest erkända metoden för attitydmätningar är likertskalan, utifrån vilken inspirationen till elevundersökningen hämtats.

6.1.2 Elevenkät

För att undersöka den allmänna inställningen till fysik har en enkät med fem svarsalternativ av likertstyp använts. Likertskalan utgår från påståenden som man får ta ställning till genom att hålla med eller ta avstånd ifrån och är den i särklass vanligast förekommande typen av enkätundersökning för just attitydmätning. Likertskalan är en ordinalskala, vilket innebär att svarsalternativen har en inbördes rangordning från hög till låg medhållandegrad, men inget gemensamt avstånd mellan de olika svarsalternativen. Det är därför inte möjligt att tala om något medelvärde eller standardavvikelse för utfallet av ett specifikt påstående.[48]

I den enkät som använts under projektet har påståendena formulerats som frågor med både positiva och negativa associationer för att undvika samtyckandepartiskhet och en kontrollfråga har vävts in för att urskilja de som verkligen läser frågorna från de som väljer svarsalternativ slumpartat. Vidare har frågorna av likertstyp kompletterats med ett fåtal öppna frågor, framför allt för att eleverna ska ha en chans att ge konkreta tips på hur laborationen kan förbättras. Enkätfrågorna som använts kan ses i tabell 2 och den fullständiga enkäten i appendix F. Fråga 1-9 syftar till att ge en bild av hur de upplevt laborationen och fråga 10-13 till att avgöra deras allmänna inställning till fysik. De sistnämnda frågorna har även besvarats av en kontrollgrupp som inte deltagit i laborationen, för att kunna jämföra attitydskillnader mellan grupperna.

1.	Hur intressant tyckte du dagens lektion var?
2.	Hur mycket hängde du med under lektionen?
3.	Hur tydliga var instruktionerna?
4.	Hur långtråkig var lektionen?
5.	Hur svår var teoridelen?
6.	Hur svårt var det självständiga labbandet?
7.	Skulle du vilja ha fler lektioner av det här slaget?
8.	Hur spännande var själva experimentet?
9.	Skulle du vilja lära dig mer om vad laserljus kan användas till?
10.	Hur roliga brukar du tycka att fysiklektionerna är?
11.	Hur intressanta brukar du tycka att fysiklektionerna är?
12.	Hur stort intresse har du i allmänhet av fysik?
13.	Hur intresserad är du av att söka till en naturvetenskaplig utbildning?

Tabell 2: Tabellen visar de enkätfrågor som eleverna fick besvara när de deltog i undersökningen. Svartalternativen sträckte sig från 1-5 där 1 motsvarar ”*inte alls*”, 3 motsvarar ”*sådär*” och 5 motsvarar ”*mycket*”. Förutom dessa frågor fick eleverna även besvara ett antal öppna frågor. Enkäten kan ses i sin helhet i appendix F.

6.1.3 Hypotesformulering

Eftersom syftet med arbetet var att skapa intresseväckande lektioner undersöktes om elevernas allmänna intresse för fysik hade ökat efter att ha deltagit i någon av de lektioner som tagits fram. En nollhypotes formulerades, där det allmänna fysikintresset, som tidigare nämnts, anses speglas av fråga 10-13.

Nollhypotes: det allmänna fysikintresset är oförändrat

Det är således dessa frågor som undersökts bland de som genomfört lektionerna och jämförts med en kontrollgrupp. Det är av intresse att göra en separat analys av denna hypotes för de båda lektionerna, samt bland de olika åldersgrupperna.

6.1.4 Urvalsgrupp

Projektet har främst riktat sig till högstadie- och gymnasieelever. För att få ett tillräckligt statistiskt underlag och hinna utveckla lektionen inom tidsramarna för projektet bedömdes tolv hållna lektioner med normalstora klasser vara ett rimligt mål. Av dem hölls åtta stycken för gymnasieelever, varav hälften var *Mätning av tjockleken på ett hårstrå* och hälften *Lasermikroskop*. Resterande fyra lektioner hölls för grundskoleklasser i årskurserna 6-9 och behandlade endast lasermikroskopet. Totalt nåddes 74 grundskoleelever och 100 gymnasieelever på

skolor runt om i Göteborg av de olika lektionerna. Av gymnasieeleverna provade 60 elever hårstråmätningenslektionen och 40 elever lasermikroskopslektionen. Enkätsvaren på fråga 10-13 från dessa elever jämfördes sedan med en kontrollgrupp bestående av 87 gymnasieelever och 35 högstadieelever.

6.2 Kvalitativ utvärdering

Projektet skulle också ta hänsyn till vad läraren tyckte om de genomförda lektionerna och inte begränsa sig till elevers åsikter. Under hela arbetet träffades totalt sju lärare. Detta låga antal lärare gjorde det fördelaktigt att arbeta med kvalitativa metoder vilket ger tillgång till information som kvantitativa metoder ej kan komma åt eller som är svåra eller omöjliga att kvantifiera.[49] Det valda sättet att göra en kvalitativ utvärdering var att genomföra en intervju med läraren direkt efter lektionerna. Däremot lämpar sig inte kvalitativa metoder för att generalisera till större sammanhang och kan därför inte ersätta den kvantitativa enkäten i elevundersökningen, utan endast komplettera den.[49]

Förutom intervjuer med lärarna, var det nödvändigt att kunna kommunicera och ge återkopplingar om lektionerna som genomfördes. En kvalitativ *själv- och medarbetarutvärdering* infördes därför för att förbättra gruppens prestationer och lektioner.

6.2.1 Intervjubaserad undersökning

I syfte att komplettera elevundersökningar med fullständiga, komplexa och nyanserade svar bestämdes att en kvalitativ metod var lämplig. Mer specifikt användes intervjuer för att samla in information från lärarna. Intervjuer betraktas som ett effektivt redskap inom kvalitativa metoder eftersom man genom att interagera med sina respondenter kan fråga om åsikter, erfarenheter, känslor, tankar och motiv, och dessutom få reda på hur olika personer ser på ett händelseförlopp. Intervjumetoden passade till undersökningssyftet eftersom den är en av de främsta och vanligaste metoderna för att komma åt personers subjektiva upplevelser och åsikter.[50] En semistrukturerad intervju användes för att garantera svar på de frågor som planerats att ställas, samtidigt som viss flexibilitet kunde behållas. Det tillät lärarna att kunna uttrycka sina åsikter och tankar kring frågorna. Jämfört med en helt strukturerad intervju är nackdelen att det kan vara mer tidskrävande och att det krävs att intervjuaren är mer aktiv och styr intervjun till de frågor som behöver besvaras.[50][51] Under utvecklingen av intervjuguiden följdes metodologiska rekommendationer att ställa korta och enkla frågor, att anpassa språket, att undvika negationer och undvika att ställa "varför?"-frågor.[52] Alla intervjuer genomfördes på samma sätt med samma frågor och villkor, vilket var en nödvändighet för att kunna jämföra dem.[53] Intervjuguiden finns tillgänglig i appendix G.

Intervjun spelades in med hjälp av en diktafon och materialet transkriberades sedan. Valet att spela in intervjuerna baserades på att det underlättade interaktionen när personen som intervjuade inte behövde fokusera helt på att ta anteckningar. Det är svårt att skriva fort och samtidigt vara en god lyssnare, hålla ögonkontakt och styra intervjun. Dock är anteckningar viktigt som komplement då en inspelning inte visar gester och annat som kan vara av vikt. En risk var att lärarna skulle störas av tanken på att bli inspelade och skulle begränsa sig i hur öppet de svarade på frågorna.[50][54] Eftersom intervjun inte innehöll känsliga frågor var den risken begränsad men de deltagande lärarna fick ändå tydlig information om att en inspelning gjordes och att det endast användes i vetenskapligt syfte. Observatören, som inte ledde intervjun, antecknade svaren i fall av tekniskt fel. Intervjuer transkriberades noga men utan att märka ut intonationer och

gestaltning. Lärares anonymitet garanterades under arbetet.

6.2.2 Frågeställningar

För att få veta om de utvecklade lektionerna skulle kunna användas som inspirationskälla eller som färdig lektion för grundskole- och gymnasielärare fanns det ett behov av att få in lärarnas synpunkter. Det var också viktigt att få veta om det fanns en skillnad i stämningen i klassen, om eleverna bededde sig annorlunda än vid en vanlig lektion och om de verkade intresserade. Två konkreta frågeställningar formulerades.

Fråga 1: Finns det en skillnad i stämning och intresse bland eleverna i jämförelse med deras vanliga lektioner?

Fråga 2: Är de framtagna lektionerna användbara i skolan?

Utöver dessa frågeställningar var det även viktigt att få återkoppling på lektionerna och prestationerna, samt få pedagogiska och ämnesdidaktiska råd utifrån deras kompetenser och erfarenheter av fysikundervisning.

6.2.3 Själv- och medarbetarutvärdering

Det var preciserat i syftet att de utvecklade lektionerna skulle vara användbara för en lärare med vanliga arbetsvillkor, då en lärare är ensam med klassen. För att respektera det villkoret kunde inte alla sex deltagare undervisa vid ett och samma undervisningstillfälle. Det bestämdes att vi skulle vara minst två vid varje tillfälle, en som lärare och minst en som observatör. Eftersom alla deltagare inte var närvarande krävdes det en återkoppling efter varje tillfälle.

Ett system av *själv- och medarbetarutvärdering, peer- and self-assessment* på engelska, har implementerats för att vi skulle kunna utvärdera oss själva. Den inkluderade en utvärdering av prestationer, en identifiering av vad som fungerade, vad som inte fungerade, vad som behövde förbättras, och den rapporterade eventuella förändringar i lektioner samt eventuella svåra eller oväntade frågor från elever. Beslutet att använda själv- och medarbetarutvärdering motiverades med stöd av pedagogen Paul Blacks arbete om *assessment for learning*.

Enligt Paul Black ökar själv- och medarbetarutvärdering motivationen för att arbeta mer noggrant och detta ger ökad kvalitet i arbetet.[55]

Själv- och medarbetarutvärderingen användes bara som kommunikationsmedel för att få feedback, med tanken att kunna förbättra kvaliteten på prestationer och lektioner. Vi har valt att inte publicera detta.

6.3 Validitet och reliabilitet

För att kunna bedöma hur bra en undersökning egentligen fungerar är det viktigt att kunna vara kritisk mot den. För att karakterisera detta används begreppen *validitet* och *reliabilitet*. Validitet handlar om i vilken grad man mäter det man vill mäta och att garantera att man inte mäter någonting annat. Validitet är inte tillräckligt och en undersökning kräver också en hög reliabilitet. Reliabilitet handlar om i vilken grad man kan reproducera undersökningen och få samma resultat. Problem med reliabiliteten kan bero på olika faktorer och den vanligaste är att man registrerar fel när man samlar in data.[56] När man mäter attityder, kan dessutom reliabiliteten sänkas på grund av att informanterna kan förändra sina åsikter med tiden. Det gäller särskilt elever på grundskolan och gymnasiet.[57]

6.3.1 Elevenkäter

Inom kvantitativa metoder talar man om tre validitetsbegrepp, kriterievaliditet, innehållsvaliditet samt begreppsvaliditet. Kriterievaliditeten anger hur väl frågorna speglar det kriterium de är avsedda att mäta. I vår undersökning skulle hög kriterievaliditet på frågan "Är du intresserad av att söka till en naturvetenskaplig utbildning?" speglas i att de som angav att de var mycket intresserade av att söka en naturvetenskaplig utbildning faktiskt gör det. Innehållsvaliditet innebär att externa experter bedömer att frågorna mäter korrekt, vilket tyvärr inte fick plats inom ramarna för detta projekt. Slutligen anger begreppsvaliditet huruvida undersökningen stämmer överens med underliggande begrepp eller teorier.[45]

Reliabilitet hos en enkät kan bestämmas på en rad olika sätt, de vanligaste är den så kallade test-retest-metoden och att studera den interna konsistensen. Test-retest-metoden innebär att man upp-

repar undersökningen med samma försöksgrupp och kontrollerar om respondenterna svarar likartat. Denna metod har inte varit praktiskt genomförbar eftersom tillgång till respondenterna bara fås vid ett enda tillfälle. Man skulle självklart kunna tänka sig att starta och avsluta lektionen med samma enkät, men eftersom syftet med lektionen är att attityden gentemot fysik skall förändras skulle det av uppenbara skäl, i det här fallet, vara ett dåligt reabilitetsmått. Risken för att respondenterna skulle komma ihåg vad de svarade under första frågetillfället, svara likadant och på så sätt ge en falsk hög reabilitet var även betydande för valet av metod vid beräkning av reabiliteten.

Istället lades fokus på den interna konsistensen som används för att avgöra i vilken mån frågorna som ingår i en enkät speglar en gemensam variabel, om frågorna har hög korrelation. Ett mått på intern konsistens är Cronbachs alfa, α , som ges av

$$\alpha = \frac{rk}{1 + (k - 1)r} \quad (11)$$

där r är medelvärde av de ingående frågornas korrelation och k antalet frågor som ingår i indexet.[?] Chronbachs alpha kan som högst anta värdet 1 och som praxis tas 0,7 som värde för en acceptabel nivå.[58]

6.3.2 Lärarintervjuer

Inom intervjubaserade metoder konfronteras man av grundläggande problem vad gäller validitet. Det finns ingen omvandling från muntlig till skriftlig form som är helt sann och objektiv. Det är då viktigt att transkribera så noga som möjligt och på ett sätt som passar syftet. I studiens fall är syftet inte att att göra en språklig analys utan att samla in åsikter och analysera vad informanterna menar. Det finns fler orsaker som kan leda till att validiteten ifrågasätts. Bland annat kan det handla om hur man planerar intervjun och om intervju-tekniken är adekvat för undersökningen man vill genomföra. Felkällor kan också uppkomma under själva genomförandet av intervjuerna, att man inte samlar ihop de informationer man ville ha och då får någonting annat än vad som var tänkt.[59]

Reliabilitet är mer sakligt och lättare att säkra. Vid insamlingen av data handlar det mest om att transkribera så noga som möjligt och att inte tolka

vad informanten säger för att minska risken att registrera fel data. Ibland är man tvungen att tolka vad informanten säger när, till exempel, registreringen är knappt hörbar. Det finns också orsaker som kan göra att informanterna inte svarar på samma sätt på samma frågor, till exempel att intervjuare har dålig intervjueteknik och använder ledande frågor. Slutligen kan man under analysen av data också tolka ett svar på olika sätt och sätta svaret i en annan kategori än vad det borde tillhöra.[59]

6.4 Etik

Varje undersökning som involverar människor lyfter frågor om etik och hur man hanterar respekten av informanternas integritet. Enligt *etikprövningslagen* är det ett krav att forskningspersonen skall informeras om:

- Syftet med forskningen;
- Att deltagande i forskningen är frivilligt;
- Att forskningspersonen har rätt att när som helst avbryta sin medverkan.

Informationen skall dessutom enligt god forskningssed innefatta ”hur man ser till att data som insamlats i projektet bevaras och behandlas så att inte obehöriga kan komma åt dem”.[60]

Under genomförande av studien träffades lärare och elever vilka gav mycket information, inklusive viss privat och personlig information eller känsliga åsikter som kunde leda till någon form av kränkning. Ett exempel på känslig data skulle kunna vara att några elever skrev att läraren är dålig”i enkäten. Detta ska läraren inte kunna läsa. Dessutom var det då viktigt att informera informanterna om att undersökningen inte var obligatorisk, att den var anonym, att få deras samtycke och senare garantera dem att projektgruppen skulle respektera villkoren de har samtyckt till.[61] På grund av detta bestämdes det att lärarna inte skulle få titta på de utvärderingar elever fyllt i men att de skulle erbjudas den slutliga rapporten. Det största etiska problemet gruppen stöttes på var att kunna garantera att anonymitet respekteras även vid presentation och publikation av undersökningen, det vill säga att det inte skulle vara möjligt att identifiera en person efter informationen man presenterade. Projektgruppen har respekterat att informanterna har rätt

att lämna studien när de vill eller att någonting inte skulle användas trots att det skulle innebära en förlust av data för undersökningen.

Slutligen efterfrågas i undersökningen inga personliga uppgifter från varken elever eller lärare.

7 Analys av utvärderingsdata

Under projektets gång har elever och lärare tagit del av de lektioner som tagits fram och delat med sig av sina åsikter angående dem. I detta avsnitt beskrivs metodiken för att analysera resultaten av både elevenkäten och lärarintervjuerna.

7.1 Enkätundersökning

Den enkätundersökning som använts under projektets gång baseras på frågor av likertyp och den data som genereras från utfallet på en specifik fråga är därför ordinal.

Ordinaldata har, till skillnad från intervalldata, inget gemensamt avstånd mellan svarsalternativen. Man kan därför inte tala om medelvärde eller standardavvikelsen för utfallet av en specifik fråga. Istället används mått som median och kvartiler för att beskriva ordinaldata. Detta begränsar analysen av utfallet av en specifik fråga eftersom inga parametriska statistiska metoder, som bygger på att datan är normalfördelad, kan användas. [48]

I detta avsnitt presenteras metoder som kan tillämpas för att få betrakta datan som intervalldata, en parametrisk metod för att analysera intervalldata samt en icke-parametrisk metod som är tillämpbar på såväl ordinal- som intervalldata.

7.1.1 Konstruktion av index

För att komma runt problematiken med den ordinala karakteristiken hos likertskalor kan man summera svaren från ett flertal frågor som avser mäta en gemensam underliggande variabel, till så kallade *index*. Genom att skapa index fås ett mer robust mått än om enskilda frågor analyseras separat, fler värden kan antas och mer variation fås i datan. Index kan då ses som intervalldata och under förutsättningen att de följer en normalfördelning kan parametriska tester utföras.[48]

För att undersöka nollhypotesen ”*Det allmänna fysikintresset är oförändrat.*” ansågs frågorna 10-13

tillsammans spegla variabeln *allmänt fysikintresse*, och skulle därför med fördel summeras till ett index. Fråga 10 och 11 behandlar båda hur respondenterna upplever den ordinarie fysikundervisningen och är väldigt snarlikt formulerade. För att inte låta upplevelsen av den ordinarie fysikundervisningen spegla en allt för stor del av det allmänna fysikintresset används medelvärde av fråga 10 och 11, som betecknas 11', tillsammans med fråga 12 och 13. Utfallet av frågorna 11'-13 avses därefter summeras till ett index, som hädanefter refereras till som *intresseindex*. Interesseindexet antar således diskreta värden mellan 3 och 15, men den bakomliggande variabeln *allmänt fysikintresse* antas vara kontinuerlig. I databehandlingen avrundas indexet till närmaste heltal.

För att få lov att summera svaren från ett flertal frågor och skapa index måste det kontrolleras matematiskt att de enskilda respondenterna har svarat likartat på de frågor som avser att mäta en gemensam variabel. Frågorna måste alltså ha en hög intern konsistens för att använda denna metod.

Det mest frekvent använda måttet för att beräkna den interna konsistensen, Cronbachs alfa, presenterades i avsnitt 6.3.1. Om värdet på den interna konsistensen överstiger 0,7 bedöms korrelationen vara tillräckligt hög för att summera frågorna 11'-13 till ett index. Eftersom Cronbachs alfa är ett mått på enkätens validitet används samtliga enkätsvar vid beräkningen, från de som tagit del av någon av lektionerna såväl som kontrollgrupperna.

För att beräkna Cronbachs alfa behövs medelvärdet av de ingående frågornas korrelation, r . Vid beräkning av korrelationen, r_{ij} , mellan två av de ingående frågorna i och j , används återigen enskilda frågor och inga parametriska metoder bör användas. Det vanligaste korrelationsmättet, *Pearsons korrelationskoefficient*, bygger på väntevärden och standardavvikelser och är således olämpligt. Istället används en variant av detta, *Spearman's rangkorrelation*, som fungerar även för den typ av ordinaldata som behandlas här.[62]

Spearman's rangkorrelation använder sig av det faktum att datan har en inbördes rangordning, från hög till låg medhållandegrad, utifrån vilken respondenternas svar rangordnas. I tabell 3 ses ett exempel på hur ranken tilldelas, observera att i de fall där respondenterna svarat likadant tilldelas medelranken. När ranken tilldelats beräknas Spearman's

Person	Fråga 1	Rank 1	Fråga 2	Rank 2
1	4	2,5	5	1
2	3	4	2	4
3	4	2,5	3	3
4	5	1	4	2
5	2	5	1	5

Tabell 3: Exempel på tilldelning av rank där fem personer svarat på två frågor genom att välja ett svarsalternativ mellan ett och fem. I de fall där respondenterna svarat likadant tilldelas medelranken.

rankkoefficient enligt

$$r_{ij} = 1 - \frac{6 \sum_{k=1}^n d_k^2}{n(n^2 - 1)} \quad (12)$$

där d_k är differensen i rank mellan de två frågorna i och j för respondent k . Variabeln n avser det totala antalet respondenter. Spearman's rankkoefficient beräknas sedan parvis för alla frågor som ingår i det tänkta indexet, och genom att ta medelvärde av dessa fås r i ekvation (11).

7.1.2 t -test

Efter att intresseindex konstruerats är återigen parametriska metoder relevanta. Ett så kallat t -test kan användas för att avgöra om det finns en skillnad av statistisk signifikans i en given variabel mellan två grupper. Detta test grundar sig på att datan är normalfördelad, vilket således är en förutsättning för att få använda sig utav det.

Låt $\bar{X}_1$ och $\bar{X}_2$ beteckna de medelvärden som observerats utifrån två oberoende populationer av storlek n_1 och n_2 dragna ur en normalfördelning med medelvärden μ_1 och μ_2 och variansen σ_1^2 respektive σ_2^2 . Då är även $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ normalfördelad med medelvärdet $\mu_1 - \mu_2$ och variansen $\sigma_1^2/n_1 + \sigma_2^2/n_2$. Genom att göra transformationen

$$\frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\sigma_1^2/n_1 + \sigma_2^2/n_2}} \quad (13)$$

fås därmed en standardnormalfördelad variabel.

Eftersom σ_1^2 och σ_2^2 är okända estimeras dessa till den uppmätta variansen av populationerna, S_1^2 respektive S_2^2 , och teststatistiken

$$\frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2}} \quad (14)$$

fås. Genom att använda de estimerade parametrarna S_1 och S_2 sker en förändring av fördelningen, från en normal- till en approximativ t -fördelning med γ frihetsgrader. Antalet frihetsgrader, γ , approximeras sedan med Satterthwaites metod till

$$\gamma = \frac{(S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2)^2}{\frac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1-1} + \frac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2-1}}. \quad (15)$$

Notera att då populationsstorleken ökar går sam-
pelvariansen S^2 mot den verkliga variansen σ^2 och
ekvation (14) går mot att vara normalfördelad. Vil-
ket kan även uttryckas som att då antalet frihets-
grader ökar går t -fördelningen mot en normalför-
delning.

Med distributionen för uttryck (14) känd kan
hypoteserna testas. För att undersöka nollhypote-
sen ”*Det allmänna fysikintresset är oförändrat.*”
får X_1 beteckna den slumpvariabel som tillhör den
normalfördelning som beskriver de elever som ge-
nomfört någon lektion och X_2 den från en kon-
trollgrupp. Nollhypotesen kan då formuleras som
 $H_0 : \mu_1 = \mu_2$, med den alternativa hypotesen $H_1 : \mu_1 > \mu_2$.

Om H_0 är sann skulle enligt insättning i ekvation
(14)

$$\frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - 0}{\sqrt{S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2}} \quad (16)$$

följa en t_γ -fördelning. Om sannolikheten för att ob-
servera det erhållna värdet från en t_γ -fördelning är
lägre än den valda signifikansnivån, ofta satt till 5
%, kan nollhypotesen avfärdas.[63]

7.1.3 Chi-två-test

Om den underliggande fördelningen inte kan antas
vara en normalfördelning kan istället chi-två-test
användas för hypotesprövning.[64] Chi-två-test är
ett *goodness of fit test* som mäter hur bra en obser-
verad multinomialfördelning stämmer överens med
en förväntad, och fungerar således för all katego-
risk data.[65] Denna metod är därför tillämpbar för
analys av såväl intervall- som ordinaldata. Det skall
dock tilläggas att denna metod inte är lika känslig
som parametriska tester.

Antag att n stycken oberoende mätningar görs,
där varje mätning kan ge ett av k olika resultat,
och att den bakomliggande fördelningen och antalet
mätningar ger förväntade frekvenser $E_1, \dots, E_k$ för

respektive resultat. Låt frekvenserna för de obser-
verade resultaten vara $O_1, \dots, O_k$. Teststatistiken

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i^2} \quad (17)$$

kommer då vara en approximativ chi-två-fördelning
med $k - 1$ frihetsgrader.[65] Om sannolikheten att
observera det beräknade värdet χ^2 i en chi-två-
fördelning med k frihetsgrader är mindre än den
valda signifikansnivån kan nollhypotesen att de ob-
serverade frekvenserna O_i kommer från den fördel-
ning som ger upphov till de förväntade frekvenserna
 E_i avfärdas.[64]

För att avgöra om utfallet av en specifik enkät-
fråga skiljer sig signifikant efter genomförd lektion
i jämförelse med hur kontrollgruppen svarat, jämfö-
rs de observerade värdena efter genomförd lek-
tion, O_i , med den enligt kontrollgruppen förvänta-
de svarsfrekvensen, E_i . Genom denna tillämpning
blir χ^2 ett mått på hur sannolikt det är att det inte
är någon skillnad mellan de två grupperna.

För att chi-två-testet ska vara tillförlitligt krävs
att den förväntade frekvensen för varje kategori är
minst 1 och att de inte understiger 5 i mer än 20%
av kategorierna. Om detta inte uppfylls kan detta
lösas genom att kategorier slås ihop.[66]

7.2 Intervjuer

Analysen av intervjudata följer en gemensam hu-
vudprincip vilken är att reducera rådata till un-
derkategorier av data för att kunna analysera den
i ett senare skede. Att kategorisera data är en in-
teraktiv process eftersom varje data kan skapa sin
egen underkategori. Ett andra steg är då att reduce-
ra antalet underkategorier som har erhållits genom
att gruppera dem i nya huvudkategorier. De nya
huvudkategorierna sammanfattar underkategorierna
med liknande idéer och tillåter då att reducera
data en gång till. Sedan kan en *iterativ analys* som
är en central modell för kvalitativ analys användas.
Den innehåller de tre processerna *reducering av da-
ta*, *demonstrering av data* och slutligen *slutledning
och verifiering*. Demonstreringen av data innebär
att analysera och avgränsa delar av datan för att
förstå dess innebörd, medan man i sista steget bear-
betar och tolkar den utvalda datan för att använda
den i resultat.

Detta kan till exempel göras genom att jämföra, leta efter mönster eller leta efter avvikande fall.[67] I denna studie användes metoden att leta efter mönster för att tolka intervjuerna, eftersom studien undersökte om genomförda lektioner hade någon effekt på stämningen och intressenivån i klassen och om lektionerna var användbara för lärarna.

8 Resultat från utvärderingsanalys

I detta avsnitt följer de resultat som erhållits från elevenkäterna och intervjuerna. Dessa resultat kretsar kring de tidigare formulerade hypoteser och frågeställningar som ansågs vara viktiga för att undersöka om lektionerna som utvecklats faktiskt var intresseväckande och väl anpassade för den svenska skolan. Först beskrivs de kvantitativa resultat som sammanställts från elevenkäterna, och sedan presenteras de kvalitativa resultaten från lärarintervjuerna.

8.1 Analys av enkätsvar

Här presenteras resultatet av den kvantitativa undersökning, som baseras på elevernas enkätsvar. I detta avsnitt undersöks om lektionerna har ökat elevernas fysikintresse. Detta görs dels genom jämförelse av intresseindex mellan de som haft lektioner och kontrollgrupper och dels genom att titta separat på en av de frågor som ingår i indexet. I båda fall är nollhypotesen att det inte finns någon skillnad i fysikintresse mellan de som haft lektion och kontrollgrupperna.

8.1.1 Kategorisering och bortfall

För att undersöka den angivna hypotesen ansågs det vara av vikt att göra en separat analys dels för de olika åldersgrupperna, samt för de två olika lektionerna. Denna uppdelning resulterar i tre olika grupper, gymnasiediffraktionsgruppen, gymnasiemikroskopgruppen samt högstadiemikroskopgruppen, vilka jämförs mot gymnasiekontrollgruppen respektive högstadiekontrollgruppen. Utöver de nämnda grupperna jämförs även gymnasiemikroskopgruppen mot en delkontrollgrupp bestående av samma klasser som själva gymnasiemikroskopgruppen. Denna jämförelse anses ge en extra sä-

ker indikator på huruvida fysikintresset förändrats eftersom ingen generalisering av kontrollgruppen krävs.

Av de 174 skolelever som genomfört de framtagna lektionerna och ombetts fylla i enkäten valde 15 personer, 8,6%, att inte låta oss använda deras svar i rapporten. Av dessa hörde 4 personer till mikroskopsgruppen gymnasie, 3 till diffraktionsgruppen och 8 till mikroskopgruppen högstadie. Anledningen till detta bortfall har inte undersökts närmare, men tros bero på att de har missat att ange att vi får använda enkätsvaren. Dessa enkätsvar har strukits ur all analys och för att minska bortfallet omformaterades enkäten så att texten om godkännande framgick tydligare. Även i kontrollgrupperna bestående av 122 elever fanns ett bortfall på 7 enkäter, varav 5 hemhörande i gymnasiekontrollgruppen och de sista 2 i högstadiekontrollgruppen.

Vidare finns ett internt bortfall, enkäter som saknar svar på enstaka frågor, även dessa har strukits ur analysen då svar saknas på någon av frågorna 10-13 som använts för att testa den angivna hypotesen. Totalt togs 7 enkätsvar bort på grund av internt bortfall bland de som deltagit i någon av lektionerna, 2 från diffraktionsgruppen och 5 från mikroskopsgruppen högstadie. Motsvarande siffror för kontrollgrupperna var 6, alla tillhörande gymnasiekontrollgruppen.

8.1.2 Resultat av intresseindex

Först ska korrelationen mellan frågorna bestämmas för att kunna veta om indexet är användbar. Cronbachs alfa för fråga 10 och 11 för samtliga svarande var 0,87 och dessa frågor var därför tillräckligt korrelerade för att slås ihop. Korrelationsmatrisen r för frågorna 11': "Hur roliga/intressanta brukar du tycka att fysiklektionerna är?", fråga 12: "Hur stort intresse har du i allmänhet av fysik?" och fråga 13: "Hur intresserad är du av att söka till en naturvetenskaplig utbildning?" beräknades för samtliga svarande.

$$r = \begin{pmatrix} 1 & 0,61 & 0,34 \\ 0,61 & 1 & 0,43 \\ 0,34 & 0,43 & 1 \end{pmatrix} \quad (18)$$

Fråga 11' och 12 korrelerar starkt med varandra och något lägre med fråga 13. Cronbachs alfa för frågorna 11', 12 och 13 beräknades till 0,72, vilket överstiger gränsvärdet på 0,70. Dessa frågor bedömdes

därför ha en tillräckligt hög intern konsistens för att det ska vara motiverat att slå ihop dem till ett intresseindex. Fördelningen av intresseindex hos elever som haft lektion jämfört med kontrollgrupp ses i figur 8-12.

Intresseindex bedömdes vara normalfördelat i gymnasiegruppen, gymnasiemikroskopgruppen, gymnasiekontrollgruppen och högstadiekontrollgruppen, även om det finns en viss tveksamhet för gymnasiekontrollgruppen då det finns avvikande värden i den vänstra svansen. I diffraktionsgruppen, delkontrollgruppen, högstadiegruppen och högstadiekontrollgruppen bedöms intresseindex inte vara normalfördelade. Delkontrollgruppen syftar den kontrollgrupp som även genomfört lasermikroskopslektionen på gymnasiet. Ett t -test kan därför bara göras för att jämföra gymnasiegruppen mot gymnasiekontrollgruppen och gymnasiemikroskopgruppen mot gymnasiekontrollgruppen. I båda dessa jämförelser fanns att nollhypotesen kunde avfärdas med 5 % signifikansnivå. Intresseindex var alltså signifikant högre för de som haft lektion. Normalplottar för intresseindex för alla grupper finns i appendix H, figur 18-24.

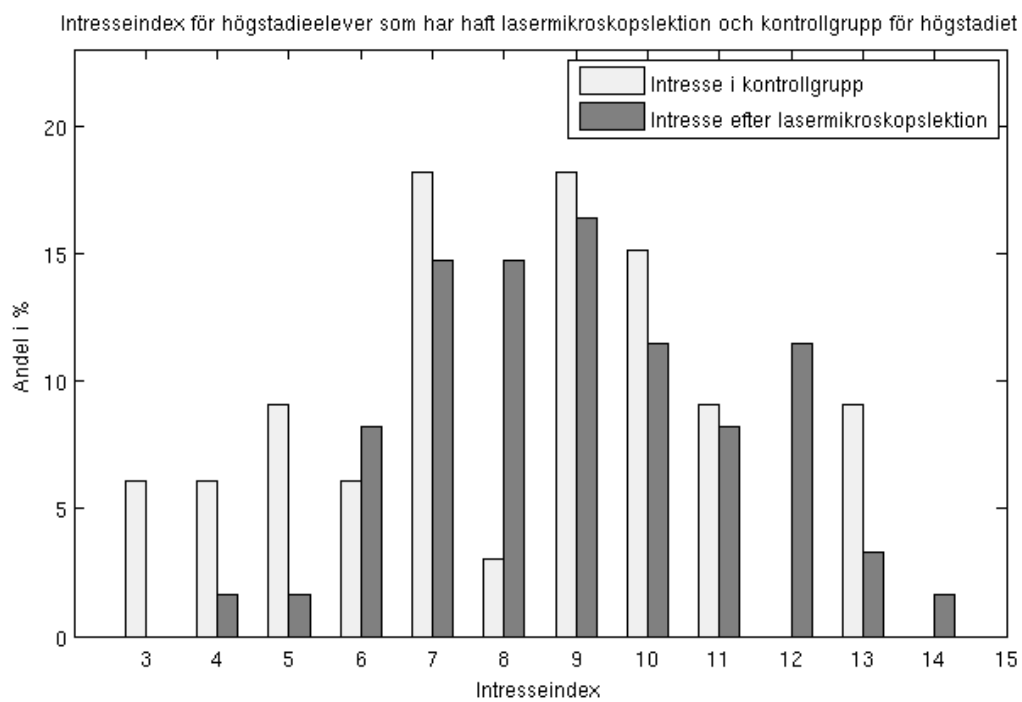
Då intresseindex inte visade sig vara normalfördelade i flera av grupperna, och det dessutom fanns en viss tveksamhet i gymnasiekontrollgruppens normalfördelning jämfördes även alla grupper mot kontrollgrupperna med chi-två-test. Här kunde nollhypotesen avfärdas med 5 % signifikansnivå hos diffraktionsgruppen, högstadiegruppen och gymnasiegruppen. Intresseindexet var signifikant högre för de elever som haft lektion i dessa fall.

8.1.3 Jämförelse av elevers allmän intresse i fysik

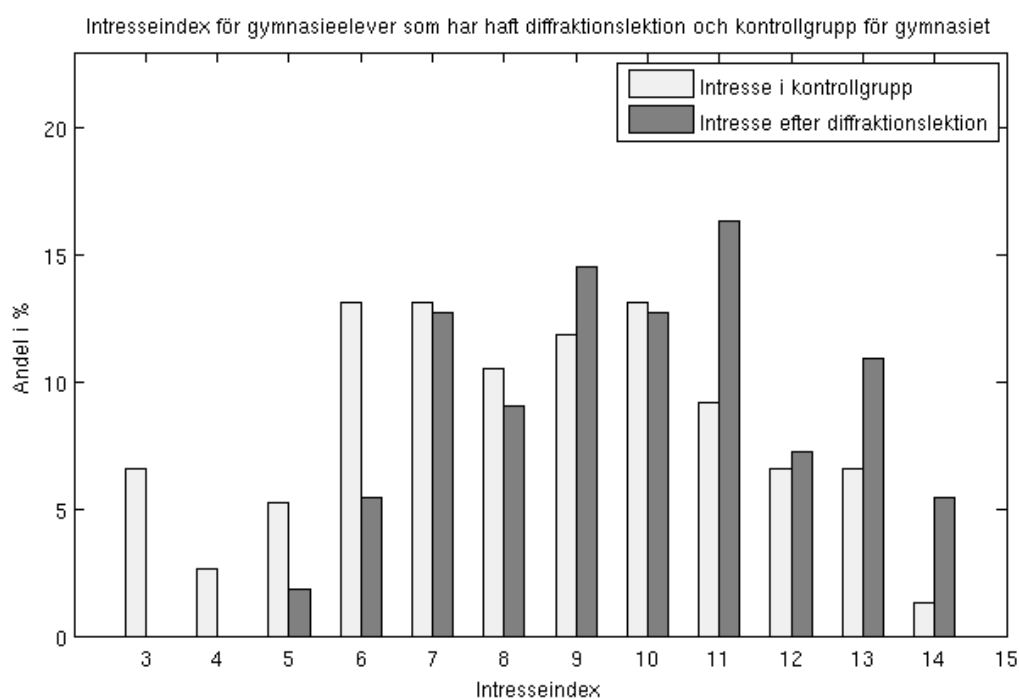
I syftet att komplettera intresseindexet genomfördes även en analys av enbart frågan *"Hur stort intresse har du i allmänhet av fysik?"*. Denna analys gjordes med chi-två-test, eftersom en enskild fråga av likerttyp inte anses vara parametrisk, se avsnitt 7.1. De grupper som jämfördes var gymnasiegruppen mot gymnasiekontrollgruppen, gymnasiediffraktionsgruppen mot gymnasiekontrollgruppen, gymnasiemikroskopgruppen mot delkontrollgruppen och högstadiemikroskopgruppen mot högstadiekontrollgruppen. I samtliga fall kunde nollhypotesen förkastas med 5 % signifikansnivå. Det fanns alltså en skillnad mellan de som har haft lektion

och kontrollgruppen som sannolikt inte kan förklaras av slumpen, men om det endast beror på de lektioner som hölls är svårt att påvisa och kräver vidare diskussion. I samtliga fall var det uppmätta intresset större hos de som hade haft lektion jämfört med kontrollgrupperna. Figur 13-16 visar svarsfördelningen på fråga 12 för de undersökta grupperna och motsvarande kontrollgrupper. Då chi-två-testet beräknades kollapsades svarsalternativen till tre kategorier för att uppfylla kraven för chi-två-test; de som svarade 1-2, de som svarade 3 och de som svarade 4-5.

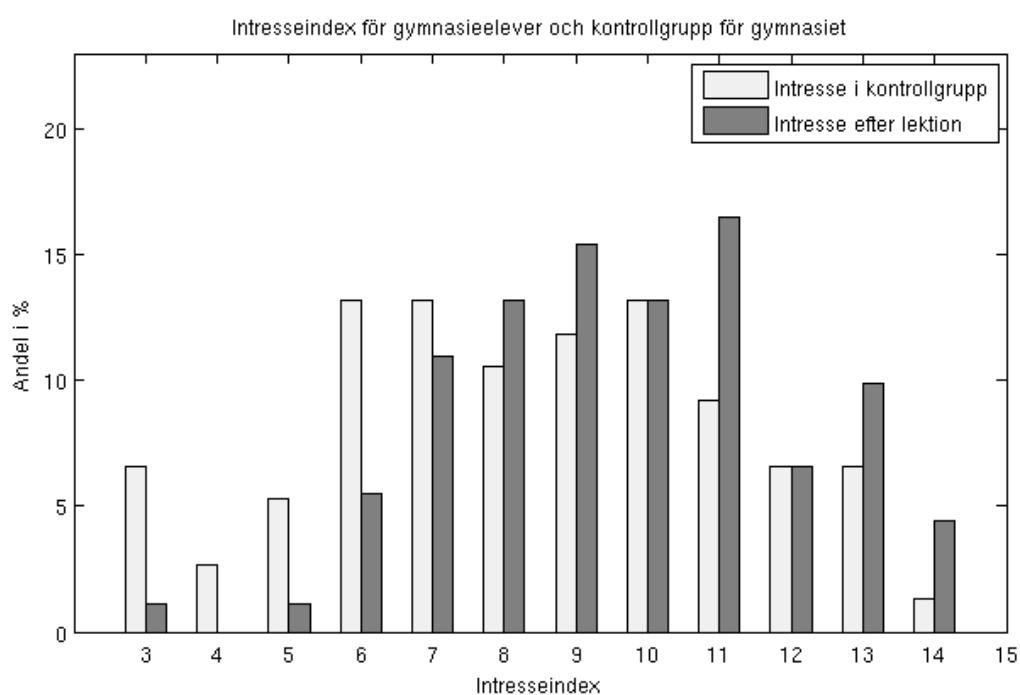
Slutligen verkar eleverna ha uppskattat lektionerna. På frågan *"Hur intressant tyckte du dagens lektion var?"* valde 80,5 % av eleverna svarsalternativ 4 eller 5, där 5 motsvarar *Mycket intressant*, och bara 1,6 % valde svarsalternativ 1 eller 2, där 1 motsvarar *Inte intressant*. Fördelningen ses i sin helhet i figur 17.



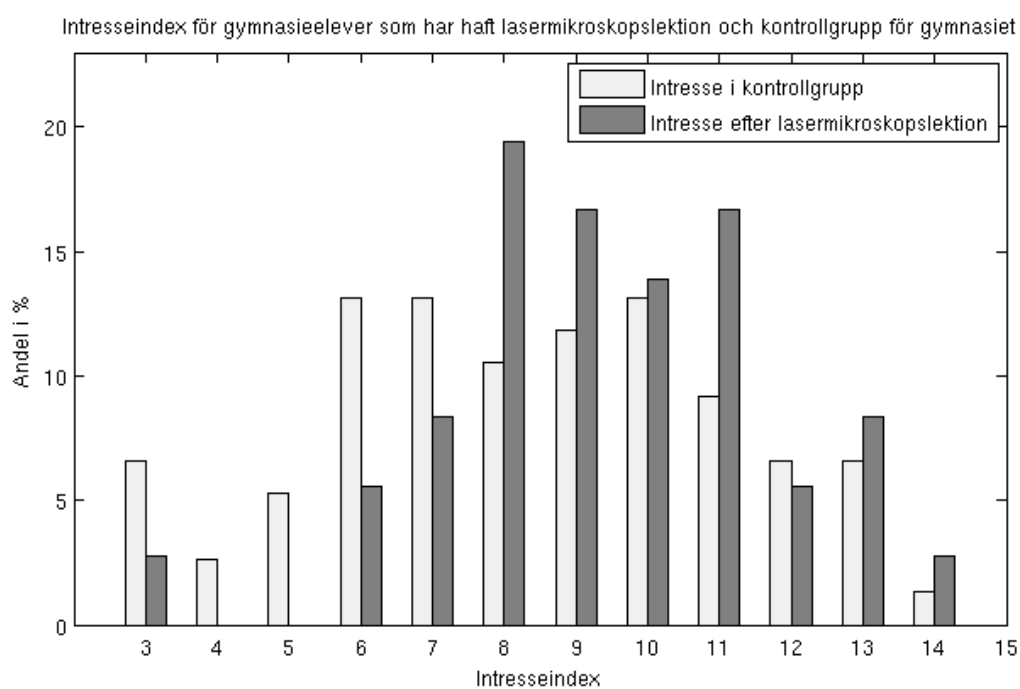
Figur 8: Jämförelse av fördelningen av intresseindex mellan de högstadieelever som har haft lasermikroskopslektionen och kontrollgruppen för högstadiet. Intresseindex är en sammanslagning av fyra frågor som avser att mäta fysikintresse, där ett lågt intresseindex motsvarar litet fysikintresse och ett högt intresseindex motsvarar stort fysikintresse.



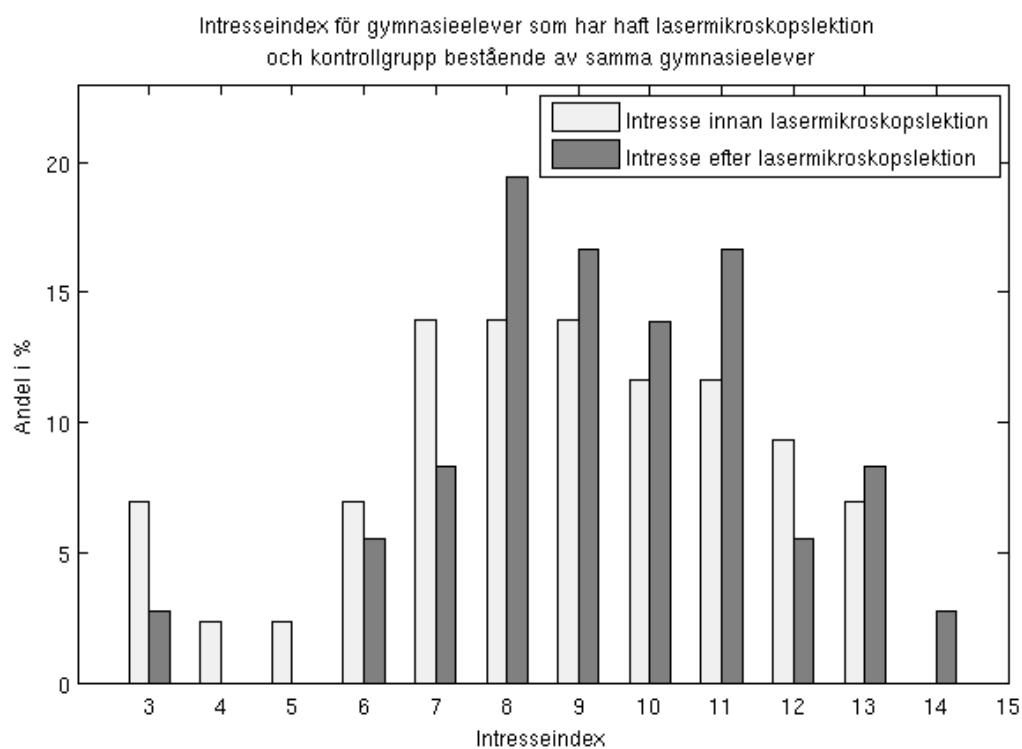
Figur 9: Jämförelse av fördelningen av intresseindex mellan de gymnasieelever som har haft härstämningsslektionen och kontrollgruppen för gymnasiet. Intresseindex är en sammanslagning av fyra frågor som avser att mäta fysikintresse.



Figur 10: Jämförelse av fördelningen av intresseindex mellan de gymnasieelever som har haft någon av våra lektioner och kontrollgruppen för gymnasiet. Intresseindex är en sammanslagning av fyra frågor som avser att mäta fysikintresse.

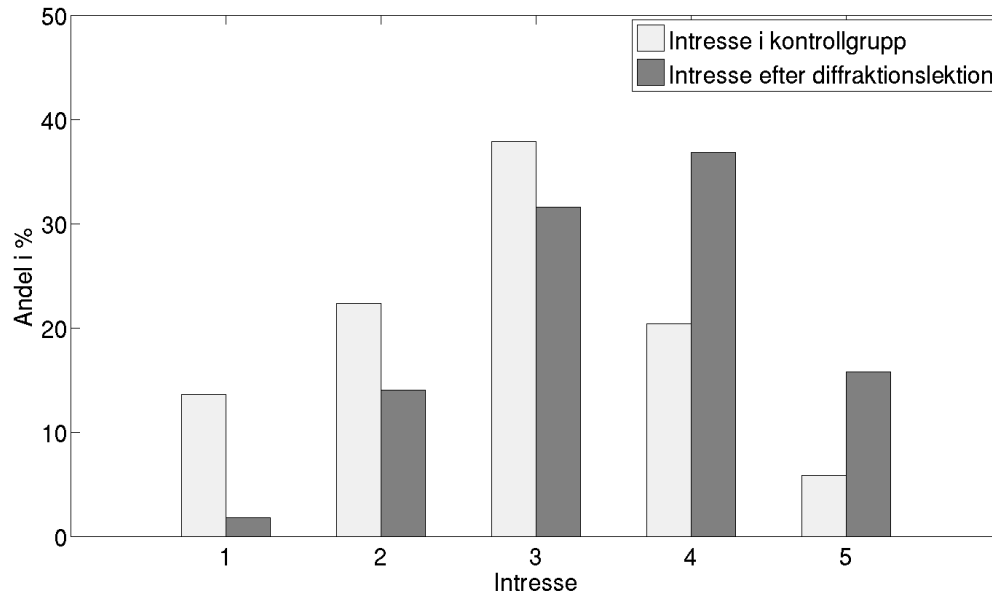


Figur 11: Jämförelse av fördelningen av intresseindex mellan de gymnasieelever som har haft lasermikroskopslektionen och kontrollgruppen för gymnasiet. Intresseindex är en sammanslagning av fyra frågor som avser att mäta fysikintresse.



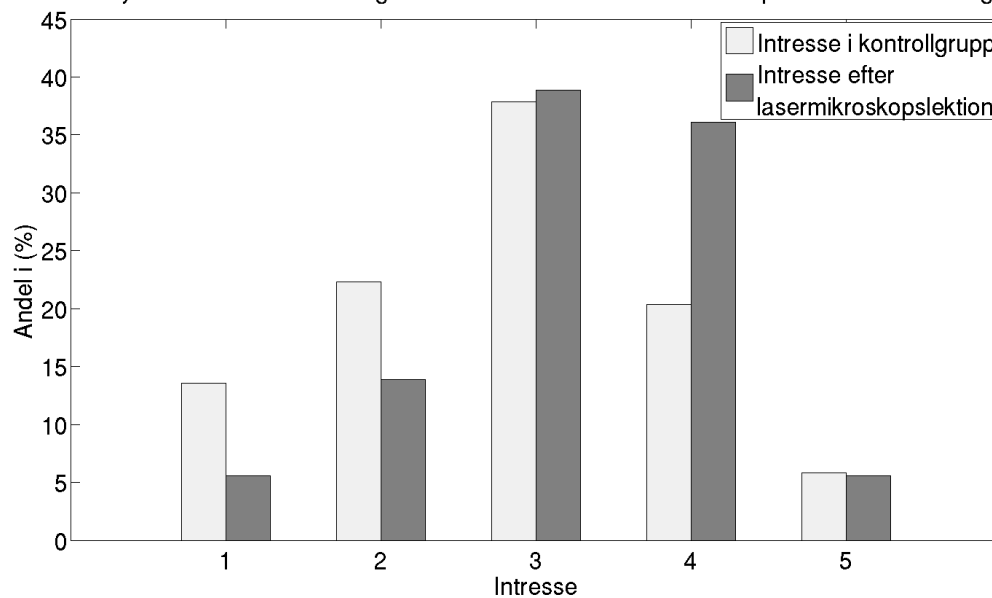
Figur 12: Jämförelse av fördelningen av intresseindex mellan de elever som har deltagit i utvärderingen både innan och efter att de har haft lasermikroskopslektionen. Intresseindex är en sammanslagning av fyra frågor som avser att mäta fysikintresse.

Allmänt fysikintresse bland gymnasieelever som har haft diffraktionslektion och kontrollgrupp för gymnasiet

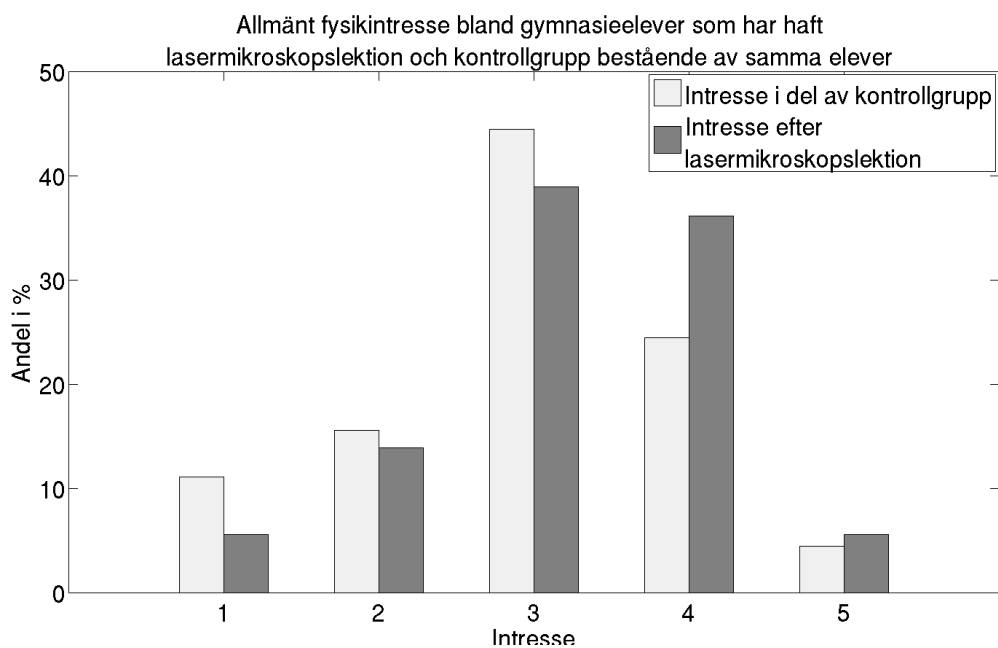


Figur 13: Jämförelse av fördelningen av det allmänna fysikintresset mellan kontrollgruppen och de elever som har haft härstärkningslektion på gymnasiet. Skillnaden i intressenivån är statistisk signifikant.

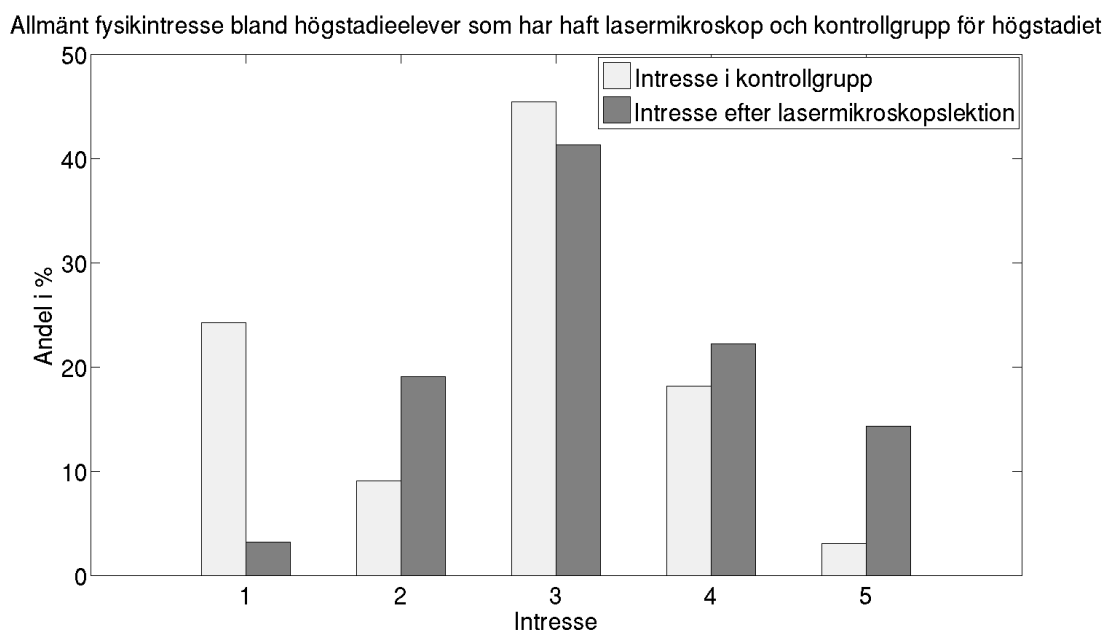
Allmänt fysikintresse bland samtliga elever som har haft lasermikroskopslektion och kontrollgrupp



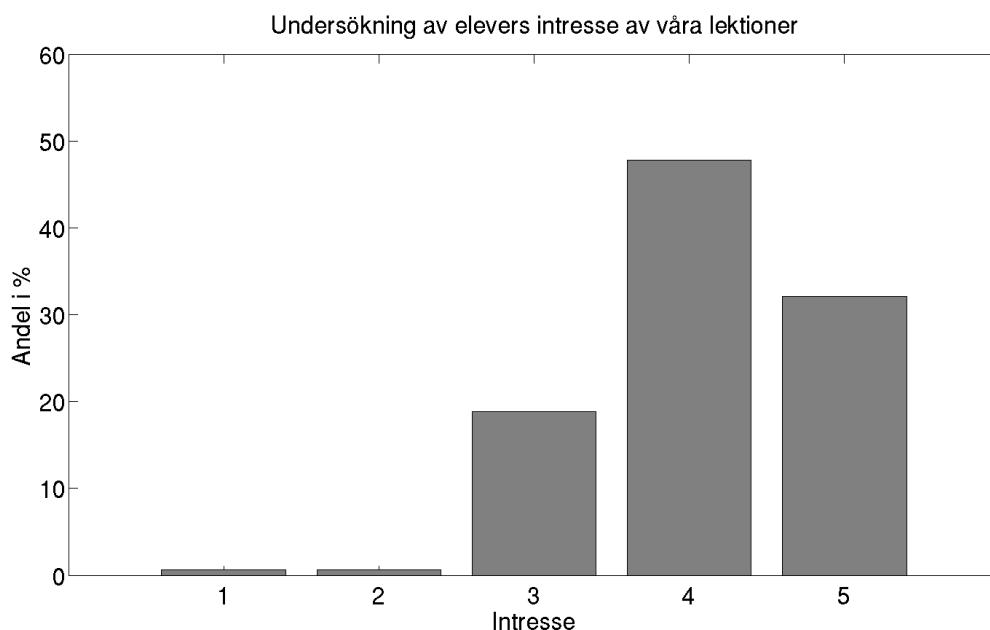
Figur 14: Jämförelse av fördelningen av det allmänna fysikintresset mellan kontrollgruppen och de elever som har haft lasermikroskopslektionen. Skillnaden i intressenivån är statistisk signifikant.



Figur 15: Jämförelse av fördelningen av det allmänna fysikintresset för de elever som har deltagit i utvärderingen både innan och efter lasermikroskopslektionen. Skillnaden i intressenivån är statistisk signifikant.



Figur 16: Jämförelse av fördelningen av det allmänna fysikintresset mellan kontrollgruppen och de högstadijelevers som har haft lasermikroskopslektionen. Skillnaden i intressenivån är statistisk signifikant.



Figur 17: Svarsfördelning av frågan "Hur intressant tyckte du dagens lektion var?". En majoritet av eleverna tyckte att lektionen var intressant.

8.2 Analys av lärarintervjuer

Här följer en analys av de lärarintervjuer som gjorts kring de två frågeställningar som formulerades i avsnitt 6.2.2. Citat som belyser lärarnas tankar har lyfts ut för att få en djupare bild av hur lektionerna mottogs av både lärare och elever. Resultaten kommer även att användas för att kunna diskutera de kvantitativa resultat som erhållits. För att kunna särskilja lärarna men ändå garantera anonymitet har varje lärare blivit tilldelad en bokstav från A till G.

8.2.1 Skillnader i stämningen och intresse i klassen

Den första frågeställningen handlade om huruvida läraren uppfattade en förändring i klassens intresse och stämning under lektionstillfället. Svaren var spridda, från att vissa lärare kunde se en markant attitydskillnad till att andra lärare berättade att eleverna betedde sig som vid ordinarie lektionstillfällen. Det som i texten nedan benämns som stämningssnivå är ett samlingsnamn för hur läraren uppfattade att arbetsklimatet i klassen var och hur deras respons var mot undervisningen. Lärare A upp-

fattade en förändring i stämningen vid vårt besök:

Lärare A: [...] eleverna tycker att det är väldigt roligt när det händer saker, och blir extra exalterade.

Liknande stämningssförändringar i klassen observerades även av lärare B, som sa att:

Lärare B: Jag tyckte mycket bra om lektionen. Den fungerar bra med elever och de verkar intresserade [...]. Stämningen i klassen var annorlunda. Jag uppfattade att eleverna var mer fokuserade och intresserade än vanligt. Man ska inte glömma att ni är nya ansikten och att det därför är lättare att få uppmärksamhet.

Lärare C upplevde att klassen betedde sig annorlunda när någon utomstående kom, precis som lärare B:

Lärare C: De [eleverna] var ju blygare och sådär. De skärpte sig också lite extra när det var något nytt som kom utifrån.

Även lärare D och E tyckte att elevernas intresse ökade, och att de var lite mer försiktiga.

Andra lärare uppfattade inte märkbara effekter på stämningen i klassen. Klassens intressenivå var här som vid ordinarie undervisning, vilket upplevdes av lärare F:

Lärare F: Den [stämningen] var som den brukar vara, som en typisk lektion.

Här syftar lärare F på den vanliga situationen i hans klassrum, där vissa elever är väldigt ambitiösa medan andra elever inte är lika motiverade i fysikundervisningen. Liknande tankar hade även lärare G, som tyckte att eleverna betedde sig som vid ordinarie undervisning.

Det kan alltså konstateras att alla lärare upplevde oförändrad eller förhöjd stämningsnivå jämfört med ordinarie undervisning. Lärare B och C kommenterade dock att det inte nödvändigtvis behöver bero på att lektionerna i sig var mer intressanta, utan lika gärna kan bero på att något nytt händer, vilket bryter vardagen och gör det lättare att få elevernas uppmärksamhet.

8.2.2 Är lektionerna användbara för lärarna?

Syftet med projektet var också att utveckla användbara lektioner för grundskola och gymnasie. I intervjun fick lärarna frågor om huruvida de genomförda lektionerna skulle vara användbara i deras egna undervisning. För att kunna dra några slutsatser kring de två specifika lektionerna delades lärarnas kommentarer för respektive lektion upp.

Fyra lärare, två gymnasielärare och två grundskolelärare, besöktes där lasermikroskopslektionen hölls. Lärare A, som undervisar på grundskolan, hade följande åsikt:

Lärare A: Jätteroligt, fascinerande frågor som dyker upp. Det fungerade bra [...], speciellt när det kunde anknytas till biologin, där vi studerat celler. [...] Detta skulle också kunna användas inom biologin.

Lärare D, också lärare på grundskola, instämde i denna uppfattning och tyckte att lektionen var mycket användbar. Lärare E ansåg att lektionen kunde vara användbar även i gymnasiet:

Lärare E: De [eleverna] har ju säkert gjort lite [stråloptik] i grundskolan tror jag, så därför var det ju en del som kände till samlingslins och divergerande lins. Men det är alltid bra att börja från grunden.

Tanken om att repetition skulle vara fördelaktig delades av lärare B, men hen ansåg att det kunde bli tuftt att få tid till att gå igenom detta inom gymnasiefysiken:

Lärare B: Jag är lite tveksam [till lektionens innehåll]. Optik har försvunnit från Fysik 1-kursen, och optik hamnar i Fysik 2-kursen, som är valbar. [...] Experimentet har fördelar då det är ganska enkelt att sätta igång, gör en stor del av stråloptiken i ett avsnitt och kan dessutom se till att alla elever börjar optiken i Fysik 2 med samma förkunskap. Nackdelen är att de [fysiklärarna] redan har ont om tid och eftersom det bara är en liten del av ett stort kapitel är jag inte säker på att många lärare skulle hinna eller vilja sätta tid på detta.

Hårstråmättningslektionen genomfördes endast på gymnasiet, för tre olika lärare. Lärare G såg lektionen som mycket användbar och sade:

Lärare G: Jag tycker också att man ska gå igenom de här momenten. Hårstrålabben är avsevärt mycket bättre [jämfört med hens tidigare enkelspaltslaboration].

Denna uppfattning delades inte riktigt av lärare F, som var tveksam till om enkelspaltsdiffraktion rymdes inom kursplanen i fysik:

Lärare F: Enkeltspalt ingår inte [i kursplanen]. [...] Den typen av mätning bygger på en teori som inte ingår i kursen så därför hamnar den utanför vanlig skolfysik, om man inte som lärare väljer att lägga till denna teori i kursen.

Även lärare C sade att detta moment rationaliserats bort på grund av tidsbrist:

Lärare C: Jag har ju valt, efter att ha pratat med lite andra lärare också, att rationalisera bort enkelspalt som fenomen från kursplaneringen. [...] Anledningen till att inte jag kör den [enkelspaltslaborationen] är att det är så många koncept som ska in på för kort tid.

Från ovanstående lärarrespons verkar det som att båda lektionernas användning mycket beror på hur berörd lärare tolkar ämnesplanerna i fysik.

8.3 Åsikter om lektioner

Många elever har lämnat kommentarer på de öppna frågorna i enkäterna, vilket har hjälpt oss i analysen om vad som kan förbättras med lektionerna. I detta avsnitt har dessa citat, och även citat från lärare, sammanställts.

8.3.1 Lasermikroskop

Lektionen om strålgång hölls för lika delar gymnasie- och högstadie-elever, och var generellt positivt bemött av eleverna. 29 % av eleverna svarade att lektionen inte borde förändras och att den var bra som den var och 34 % lämnade inget svar på frågan om det fanns något att förbättra.

Flera elever önskade en tydligare och mer utförlig genomgång, då de inte alltid förstod hela teorin. Dock valde bara 1 % svarsalternativ 5, motsvarande "Mycket svårt" på frågan hur svårt det självständiga labbandet var, och bara 8 % svarsalternativ 4. En majoritet, 76 %, av eleverna tyckte alltså inte att självständiga labbandet var så svårt, motsvarande svarsalternativ 1 eller 2.

I slutet av utvärderingen förekom en kunskapsfråga som berörde lektionens innehåll, och utifrån den kan vi försöka dra slutsatser om elevernas förståelse för lektionen. På kunskapsfrågan rörande lasermikroskopslektionen förväntades eleverna rita strålgången genom droppen och vid mikroorganismen. Detta klarade 28 % av eleverna som svarat på frågan av att göra helt korrekt. 23 % av eleverna har inte svarat på kunskapsfrågan, detta trots att bara 1 % valt svarsalternativ 5, och endast 8 % valt svarsalternativ 4 på frågan hur svår teorin var. 79 % tyckte inte att teorin var för svår, motsvarande svarsalternativ 1 eller 2. Se appendix F för exakta formuleringar av frågorna.

8.3.2 Hårstråmättningslektion

Hårstråmättningslektionen mottogs väl av både lärare och elever. Allmänt kan vi se att av 59 elever som deltog i lektionen och svarade på frågan "Hur intressant tyckte du att dagens lektion var?" var det ungefär hälften, 53 %, som valde alternativ 4. Detta går väl ihop med vårt syfte att skapa intresseväckande lektioner. Många elever har dock kommenterat på teoridelen i lektionen, där bland annat 12 % av eleverna på olika sätt har angett att den var svår eller otydlig. Det kan dock tilläggas att ungefär lika många elever önskade en högre svårighetsnivå.

Det var 10 % av eleverna som på olika sätt uttryckte uppskattning för strukturen på lektionen, det vill säga att teorin förklarades i slutet efter experimentet. En elev skrev till exempel som svar på frågan "Vad tycker du inte att vi ska ändra på?" följande:

Elev: Labben först och förklaringen efter. Detta var ett mycket bra upplägg.

En annan elev kommenterade att det var roligt att få chansen att fundera själv på hur experimentet egentligen gick till innan teorin om diffraktion i enkelspalt förklarades. Detta upplevelsebaserade lärande kommenterades även positivt av en lärare, som sa

Lärare F: Det är ett annorlunda upplägg, det här att man sätter igång med ett försök först och tar teorin sedan. Jag gör alltid tvärtom, börjar med teorin och bekräftar den sedan med något försök. [...] det kan vara jätteuppfreskande [för eleverna] att se omvända ordningar.

Kunskapsfrågan som rörde hårstråmättningslektionen gick ut på att skriva ut avstånd i en figur av en enkelspalt, frågan kan ses i sin helhet i appendix F. 81 % av eleverna svarade, varav 75 % av dessa svarade rätt.

9 Diskussion

För att bedöma våra resultat korrekt krävs en diskussion om riktigheten och relevansen av dem, och om möjligheten att försöka behandla människor och

undervisning som källor till statistisk data. Man behöver också bedöma om kvalitén på lektionerna går att kvantifiera och generalisera.

9.1 Diskussion kring utvärdering

Ibland spelar fler faktorer än önskat in under både kvantitativa och kvalitativa utvärderingar. Nedan följer en diskussion om vilka yttre faktorer som kan ha påverkat reliabiliteten och resultatet från våra elevenkäter och lärarintervjuer.

9.1.1 Kvantitativ utvärdering

Med de metoder som använts kunde man se en ökning i fysikintresse bland de elever som deltagit i någon av de framtagna lektionerna. Resultatet är dock osäkert då felkällorna är många.

Att endast använda fyra frågor för att avgöra en attityd till ett visst ämne kan anses vara i lägsta laget. De fyra frågor som använts ger, trots att de är korrelerade, inte nödvändigtvis en rättvisande bild av det allmänna fysikintresset.

Det framgår av korrelationsmatrisen (18) att fråga 13, *"Hur intresserad är du av att söka till en naturvetenskaplig utbildning?"*, har relativt låg korrelation med övriga frågor. Den är inget självklart mått på fysikintresse, utan skulle lika väl kunna spegla intresse inom andra naturvetenskapliga ämnen så som biologi eller kemi. Det är dessutom inte orimligt att anta att valet av fortsatt utbildning kan bero på andra faktorer än enbart intresse för ämnet. Vidare är frågorna 10 och 11, *"Hur roliga brukar du tycka fysiklektionerna är?"* och *"Hur intressanta brukar du tycka fysiklektionerna är?"* formulerade på ett sådant sätt att svaret på dessa frågor inte nödvändigtvis påverkas av de framtagna lektionerna.

För att öka validiteten i undersökningen borde fler frågor införts, vilket även hade gjort det möjligt att täcka in en större andel av de faktorer som kan påverka fysikintresset. Det finns också andra aspekter än de som tagits upp i enkätfrågorna som skulle kunna påverka fysikintresset. Detta kan vara aspekter som huruvida man upplever fysik som alltför svårt eller om man inte kan se någon verklighetskoppling till ämnet.

Även frågornas formulering *"Hur rolig..."* kan ses som ledande och ger en annorlunda skala jämfört med om de formulerats som påståenden. Jäm-

för påståendet "Jag tycker fysik är kul" med frågan "Hur kul tycker du fysik är?". En respondent som anser fysik vara roligt hade för påståendet markerat 5, instämmer helt. Samma respondent skulle kunna resonera att fysik är kul, men inte så kul att det får en femma, och markerat 4 för frågeformuleringen.

Enkätens brister hade enklare insetts genom att utföra ett pilottest med denna, innan den användes på riktigt med de framtagna lektionerna. Detta prioriterades dock bort på grund av det relativt låga antalet lektioner. Ett alternativ till att utföra pilotundersökningar hade varit att använda en välbeprövad enkät för bedömningen av fysikintresse och komplettera denna med de frågor som ansågs nödvändiga för att utveckla lektionerna.

9.1.2 Kvalitativ utvärdering

Även lärarintervjuernas utformning och genomförande behöver diskuteras. Bland annat har lärarintervjuerna genomförts av olika intervjuare. Detta leder till en minskad validitet och reliabilitet eftersom det inte kan garanteras att alla intervjuer har genomförts under samma förutsättningar och med samma intervjuteknik.

Riktlinjerna för intervjuerna var semistrukturerade, vilket leder till att intervjuaren måste ta ett större ansvar och styra intervjun mot de frågor som ska besvaras, som tidigare behandlats i avsnitt 6.2.1. Eftersom vi inte tidigare bedrivit intervjuundersökningar var det därför svårt att axla en ledande roll i intervjun. Detta ledde till att alla lärare ej besvarade de frågor som var av intresse för undersökningen, utan istället svävade ut och behandlade andra tankar. På grund av detta fanns inte klara svar från alla sju lärare kring de för undersökningen intressanta frågorna.

Dessutom är den transkribering som genomförts en subjektiv process. Eftersom att vi har delat upp transkriberingsarbetet mellan oss blir detta en källa till spridning. Även detta leder till minskad validitet och reliabilitet, då tolkningarna mellan intervjuer inte varit totalt konsekventa på grund av personliga uppfattningar. Sju lärare intervjuades totalt, vilket begränsar mängden åsikter och minskar säkerheten vid försök att bekräfta eller falsifiera hypoteserna. Fler åsikter skulle ha varit nyttigt för att besvara hypotesen om användbarhet av lektionerna.

9.2 Var lektionerna intresseväckande?

Att fysikintresset hos de elever som närvarat på våra lektioner var större än hos kontrollgrupperna betyder inte nödvändigtvis att lektionerna lyckats förändra fysikintresset. Det är troligt att elevernas fysikintresse inte är helt oberoende av vilken skola eller klass de går på. Då vi inte hade möjlighet att dela ut kontrollgruppsenkäten till så många skolor är spridningen av svaren i denna mindre än bland de elever som haft lektioner. Vi kan därför inte anta att kontrollgruppen är representativ för elevers fysikintresse. Särskilt intressant är därför resultatet från de klasser som både agerade som kontrollgrupp och genomförde lektionen. Även här sågs en statistiskt signifikant ökning av fysikintresset hos klasserna efter att de haft lektion. Men kontrollgruppsenkäten delades ut till eleverna vid ett annat tillfälle än då lektionen hölls, och det var en lägre närvaro på själva lektionstillfället än då klassen svarade på kontrollgruppsenkäten. Det går inte att utesluta att detta kan ha påverkat resultatet, då det är möjligt att de elever som var frånvarande på lektionen har ett mindre intresse för fysik än genomsnittet i klasserna. Intresseförändringen skulle då kunna förklaras med bortfall av dessa.

Även om det inte kan ställas utom rimligt tvivel att lektionerna verkligen påverkade elevernas fysikintresse, kan vi i alla fall konstatera att de flesta eleverna tyckte att lektionerna var intressanta. Detta kan ses i figur 17. En rimlig tanke är att elevernas fysikintresse på sikt kan påverkas om de upplever att fysiklektionerna är intressanta, och därför ser vi detta resultat som viktigt. Majoriteten av de intervjuade lärarna menade också att elevernas intresse och engagemang verkade öka vid lektionstillfällena. Vid intervjuerna berättade dessa lärarna att deras elever verkade mer intresserade än vanligt och att en markant skillnad även kunde ses i elevernas uppmärksamhetsnivå. Detta kan läsas i lärarcitaten i avsnitt 8.2.1. Stämningsförändringen kan dock bero på att situationen var annorlunda jämfört med ordinarie undervisning, vilket flera lärare har nämnt. Vanligtvis har eleverna samma lärare, vilket gör att undervisningen blir färgad av lärarens undervisningsstil. Vi tror att när eleverna istället blir undervisade av en utomstående person, kan nyhetens behag göra att eleverna visar mer hänsyn och intresse. En lärare kommenterade också

att eleverna var blygare än vanligt, vilket tyder på att eleverna kände sig lite mer osäkra då det ej var ordinarie lärare som undervisade, och att de därför skärpte sig lite extra.

Andra lärare upplevde istället att klassen betedde sig som vid en typisk lektion. En förklaring till detta skulle kunna vara att eleverna tidigare arbetat på liknande sätt, och att lektionerna som vi höll i inte var lika kontrasterande mot ordinarie undervisning. Eleverna betedde sig därför som vid en vanlig klassrumssituation. En annan förklaring skulle kunna vara att eleverna har en del liknande inslag i undervisningen, där gäster blir inbjudna för att hålla i lektioner. Även här skulle detta kunna leda till att eleverna inte känner sig lika ovana då utomstående undervisar och därför beter sig som vid vanliga lektionstillfällen.

Resultaten säger inte så mycket var för sig, men sammanslaget så tyder resultaten på att lektionerna som genomfördes trots allt var intresseväckande, vilket var ett viktigt syfte med arbetet. Till viss del berodde detta troligen på att vårt besök var ett avbrott i studievardagen, men det går inte att utesluta att det även var lektionerna och undervisningsinnehållet som gjorde att elevernas attityd förändrades i en positiv riktning.

9.3 Lektionernas användbarhet

Lasermikroskoplektionens innehåll bedömdes som användbar av de två grundskolelärare som vi träffade. Detta överensstämmer med grundskolans läroplan där geometrisk optik ingår i fysikundervisningen. Det var också intressant att se att en lärare redan har fått idéer om hur lektionen skulle kunna utvecklas, genom att använda den i biologiundervisningen. Vidare tror vi att lektionen passar bra för grundskolan eftersom laborationen är enkel och inte kräver mycket utrustning. Dessutom visas resultat direkt på skärmen och elever upplever det som häftigt, vilket många uttryckte i de öppna frågorna i utvärderingen.

På gymnasiet är lasermikroskoplektionen tyvärr inte direkt användbar. Vissa lärare anser att lasermikroskop skulle vara ett bra sätt att jobba med våglära genom att se till att alla har samma grund i optik. Dessutom vore det någonting enkelt och konkret att börja med innan vidare fördjupning i studien av ljusets natur och de mer abstrakta delarna av ämnet. Däremot tolkar fysiklärarna det som att

geometrisk optik inte längre ingår i ämnesplanerna för Fysik 1 eller Fysik 2 sedan implementering av det nya skolprogrammet LGY2011. För tillfället finns det inga detaljerade instruktioner för vad som ingår i Fysik 2-kursen på Skolverkets hemsida eller i ämnesplanen.[23][68] Det nationella provet i Fysik 2 är inte obligatoriskt och ska skrivas för första gången av elever i slutet av våren 2014. Det finns ett bedömningsstöd för Fysik 2, men för att få tillgång till det krävs tillstånd från en rektor och vi kan därför inte bekräfta om där finns tydligare instruktioner.[69] Varje lärare bestämmer om de vill ta upp geometrisk optik i undervisningen. Det verkar vara ett stort problem att även om de vill ta upp ämnet är det svårt att hinna med.

Hårstråmättningslektionen, som demonstrerar enkelspaltsdiffraktion, har samma problem som lasermikroskopslektionen på gymnasiet. Läroplanen är ottydlig om vad som ska ingå i vågläran, utan uttrycker bara att undervisningen i kursen ska behandla *"Reflektion, brytning och interferens av ljus, ljud och annan vågrörelse"*. [23] Begreppen diffraktion, enkel- och dubbelspalt står inte i ämnesplanen. Det är då upp till lärarna att bestämma om de ska undervisa detta moment eller inte. En lärare tyckte att enkelspalt var en del av undervisningen i Fysik 2 till skillnad från andra lärare som har valt att inte ta upp det. Dessa tycker att enkelspaltsdiffraktion är för komplicerat och att de inte hinner ta upp både enkel- och dubbelspaltsdiffraktion på så kort tid. Eftersom det inte finns någon tydlig riktlinje från Skolverket har lärarna rätt att tolka ämnesplanen som de gör. Detta gör att det är oklart om hårstråmättningslektionen är användbar i gymnasieundervisningen.

Vad gäller lasermikroskop- och hårstråmättningslektionen på gymnasiet finns det alltid hopp om att Skolverket inom en snar framtid ska publicera tydligare instruktioner om fysikkursernas innehåll och att geometrisk optik ska återkomma i nästa skolreform.

9.4 Diskussion kring lektioner

I detta avsnitt diskuteras de lektioner vi har utformat, med utgångspunkt ur de enkätsvar som samlats in från eleverna, men även de kommentarer som samlats in via lärarintervjuer. Alla elever gavs i slutet av lektionen tillfälle att ge oss skriftlig och anonym återkoppling i form av öppna frågor i enkäten.

Samma lektionsplaneringar har använts under hela projektiden, men de olika delarna i lektionerna har utvecklats under projektarbetets gång. Lektionsplaneringarna återfinns i appendix C och D. Främst har vi använt oss av själv- och medarbetarutvärdering, som beskrivs i avsnitt 6.2.3. Då vi inom projektgruppen har god kunskap om lektionsplaneringen var det enklare att avgöra om eventuella brister i lektionen berodde på läraren eller lektions innehåll. Vi tror att en hel del av de brister som elever och lärare anmärkt på skulle kunna reduceras eller försvinna om vi i projektgruppen varit mer vana i lärarrollen. Specifika färdigheter, så som att till exempel skriva tydligt eller rita tydligare figurer, skulle också vara bättre med större vana.

Under de första lektionerna som hölls presenterades inte alltid hela projektgruppen. De observatörer som var på plats, som alltså inte var en aktiv del av lektionen, höll sig passiva i bakre änden av klassrummet. Detta upplevdes som störande av flera elever, varpå detta korrigerades. I slutet presenterades alltid alla nya personer i klassrummet, oberoende av om de var en aktiv del av lektionen eller inte. Vi upplevde också att eleverna oftare bad om hjälp av en tillfällig lärare om denne skrivit sitt och sin labassistents namn på tavlan.

Ett par elever har på frågan om hur lasermikroskopslektionen kunde förbättrats kommenterat att instruktionerna kunde ha varit tydligare. Då inget laborations-pm användes gavs instruktionerna muntligt, och ställde högre krav på att eleverna förstod momenten. En beskrivning av uppställningen ritades dock upp på tavlan i samband med genomgången, och denna bild fick vara kvar på tavlan under det laborativa momentet. Trots detta föredrog vi att inte lämna ut ett laborations-pm, eftersom det hade detta gjort laborationen mindre öppen. Vi var måna om att eleverna inte skulle uppleva laborationen som alltför stängd, då detta inte alltid är lika intresseväckande; se avsnitt 3.3.1.

Denna lektion hade också mindre andel korrekta svar på kunskapsfrågan än efter hårstråmättningslektionen, endast 28 %. Vi tror att den låga andelen korrekta svar beror på att genomgången inte varit tillräckligt tydlig och att eleverna inte fått djupare förståelse för brytning och strålgång. Det är dock svårt att dra någon riktig slutsats av jämförelsen av andel korrekta svar i de olika lektionerna, eftersom eleverna i hårstråmättningslektionen hade tillgång till laborations-pm och vid något tillfälle en tav-

la där all information som behövdes för att svara fanns att tillgå.

9.5 Tankar om vad som kunde ha förbättrats

I stora drag är vi nöjda med vårt arbete, men vissa delar hade kunnat göras annorlunda för att förbättra våra lektioner och den statistiska säkerheten. Till exempel kunde vi ha valt ut experimenten med större hänsyn till vad som passar in i ämnesplanerna för den svenska skolan. Lektionen om lasermikroskopet fungerar fint i grundskolan, och eventuellt även på gymnasiet som repetition. Det var svårt för lärarna att ta sig tid till hårstråmättningslektionen, då diffraktion med enkelspalt inte nödvändigtvis ingår i kursplanen. Eftersom ett av projektets syften var att ta fram användbara och inspirerande lektioner borde vi ha övervägt att välja experiment som enklare kunde kopplas till kursplanerna, snarare än att välja de experiment som eleverna ansåg vara mest intressanta.

Efter att ha analyserat enkätsvaren kunde vi se att många elever svarade fel på kunskapsfrågan angående lasermikroskopet. Detta ser vi som en brist i vårt arbete, och lektionen bör förändras med detta i åtanke om den ska hållas igen. Ett förslag kan vara att uppmuntra elever att forma egna hypoteser om hur mikroskopet fungerar, för att öka deras egna förståelse för strålgången och hur projiceringen sker. Detta skulle kunna ske genom att låta eleverna diskutera frågeställningar runt laborationen och teorin parvis eller i mindre grupper.

All form av attitydmätning är mycket komplicerat, vilket vi har insett efter att ha analyserat vår egen utvärderingsenkät. Ett sätt att gå tillväga för att få säkrare resultat hade varit att använda en väl beprövad enkät för att utföra den kvantitativa utvärderingen.

Resultaten hade också kunnat bli säkrare om vi hade besökt fler skolor och årskurser. Spridningen av besökta skolor bör vara större i ett projekt av detta slag, för att få tillförlitliga resultat som speglar attityden hos skolungdomar i varierande åldrar i olika stadsdelar med olika förutsättningar. Större spridning är även önskvärt i kontrollgruppen.

9.6 Vidare forskning

För den projektgrupp som vill göra ett liknande arbete baserat på vårt finns flera olika möjligheter. Ett alternativ är att välja andra optikexperiment att bygga sina lektioner runt, men att i grunden göra samma sorts forskning kring attityder och intresse.

Man skulle också kunna inrikta sig på de lite mindre centrala delarna av vårt projekt, så som till exempel kunskapsdiagnoser eller utvärderingsenkäter. Dessa ämnen är vetenskaper i sig, och då de inte varit våra primära mål finns det där utrymme för noggrannare studier och mer arbete.

Ett sätt att få större reliabilitet och minimera felkällor i resultaten om hur intressanta eleverna fann lektionerna vore om elevernas ordinarie lärare höll i de lektioner som tagits fram. Då olika lärare anmärkt på både ökad och minskad uppmärksamhet är det inte orimligt att tro att resultaten inte skulle bli precis likadana om lektionen hållits av elevernas ordinarie lärare.

10 Slutsats

Under projektet utvecklades två lektioner i optik. Lasermikroskopslektionen utvecklades mot grundskola och gymnasium, och hårstråmättningslektionen mot gymnasium. Sammanlagt hölls tolv lektioner i olika grund- och gymnasieskolor i Göteborgsområdet. Båda lektionerna togs emot bra av elever och lärare, som gav återkoppling genom skriftliga och muntliga utvärderingar. En majoritet, 80,5 %, av eleverna tyckte att de utvecklade lektionerna var intressanta. Dessutom var det möjligt att se en tydlig ökning i intresset för fysik hos elever efter att de hade haft lektionerna. Orsakerna till ökningen kunde inte fastställas och skulle kunna undersökas mer. Hälften av lärarna uppfattade också en positiv förändring i stämningen hos eleverna under lektionen.

Vidare hade projektet som mål att de utvecklade lektionerna skulle vara användbara i den ordinarie undervisningen, där användbarheten bedömdes genom intervjuer med lärarna. Lasermikroskopslektionen ansågs vara användbar på grundskolan och skulle eventuellt kunna användas som repetition inom optik på gymnasiet. Användbarheten av hårstråmättningslektionen går att diskutera eftersom det är upp till varje lärare att avgöra om

enkelspaltsdiffraktion ingår i Fysik 2 eller inte, men lektionen i sig ansågs vara funktionell.

På grund av utvärderingsenkätens utformning uppstod det problem med validitet och reliabilitet. Om mer vikt hade lagts vid konstruktionen av enkäten, skulle mer pålitliga resultat kring elevernas fysikintresse kunna erhållas. Trots detta har projektet varit en lärarik erfarenhet för oss, och projektet har gett oss en inblick i fysikundervisningen och arbetsvillkoren i den svenska skolan. Slutligen har detta arbete visat att det är möjligt att påverka elevers intresse för fysik med enkel utrustning. Det finns hopp om att vidare forskning skulle kunna ha ett inflytande på skolans fysikundervisning och därmed öka intresset hos elever i framtiden.

Referenser

- [1] L. Hellerstedt, "Mörkt på fysikfronten," *lararnasnyheter.se*, 23 februari 2011. [Online] Tillgänglig: <http://www.lararnasnyheter.se/origo/2011/02/23/morkt-pa-fysikfronten> [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [2] Skolverket, "Fler som kan. Hur kan vi underlätta för ungdomar att läsa naturvetenskap och teknik?" *skolverket.se*, 2011. [Online] Tillgänglig: <http://www.skolverket.se/publikationer?id=2513> [Hämtad: 19 maj, 2014]
- [3] Laser Classroom, "Light and Lasers Outreach Kit," *store.laserclassroom.com*, 2014. [Online] Tillgänglig: <http://store.laserclassroom.com/light-and-lasers-outreach-kit/> [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [4] EPIC, "EPIC Adopt a Classroom Kit," *epic-assoc.com*, 2014. [Online] Tillgänglig: <http://www.epic-assoc.com/news/?br=148> [Hämtad: 3 februari, 2014]
- [5] P. Nilsson, *Vad är pedagogik?* Umeå: Pedagogiska institutionen Umeå universitet, 2005.
- [6] R. Säljö, *Den lärande människan - teoretiska traditioner*. Stockholm: Natur och Kultur, 2012, s. 139-198.
- [7] B. Ekstig, *Undervisa i fysik*. Studentlitteratur: Lund, 1990.
- [8] S. Sjøberg, *Naturvetenskap som allmänbildning*. Lund: Studentlitteratur Ab, 2010, s. 392-396.
- [9] P. Partanen, *Från Vygotskij till lärande samtal*. Stockholm: Bonnier Utbildning AB, 2007.
- [10] L.S. Vygotsky, *Mind in Society, The Development of Higher Psychological Processes*. USA: Harvard University Press, 1935/1978, s. 79-91.
- [11] J. Dewey, *Experience & Education*. New York: Touchstone, 1938.
- [12] J. Quay, *Education, Experience and Existence*. Abingdon: Routledge, 2013.
- [13] Reporter, "Professor Rosalind H Driver (1941-1997)," *Reporter*, vol. 411, december 1997. [Online] Tillgänglig: <http://reporter.leeds.ac.uk/411/driverob.htm> [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [14] R. Driver, *The Pupil as Scientist?*. Suffolk: The Open University Press, 1983.
- [15] Linköpings universitet, "Studiehandledning för kursen Ämnesdidaktik och verksamhetsförlagd utbildning," *ibl.liu.se*, 2014. [Online] Tillgänglig: <https://www.ibl.liu.se/student/val/vt14-9tv391/start/1.537207/VT2014DIDAKTIKStudiehandledningmnesdidaktikochverksamhetsfrelagdutbildning.pdf> [Hämtad 27 april, 2014]
- [16] M. L. Lo, "Variation Theory and the Improvement of Teaching and Learning," *gupea.ub.gu.se*, June 2012. [Online] Tillgänglig: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/29645/5/gupea_2077_29645_5.pdf [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [17] A. Brännholm-Eriksson och H. Öqvist, "Urskilja, variera, jämföra och lära," *epubl.ltu.se*, 2006. [Online] Tillgänglig: <http://epubl.ltu.se/1652-5299/2006/008/LTU-LAR-EX-06008-SE.pdf> [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [18] A. Wernberg, "Variationsteorin i praktiken," *diva-portal.org*, 2005. [Online] Tillgänglig: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:296687/FULLTEXT01.pdf> [Hämtad: 12 maj, 2014]

- [19] R. Miettinen, "The concept of experiential learning and John Dewey's theory of reflective thought and action," *tandfonline.com* november 2010. [Online] Tillgänglig: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/026013700293458> [Hämtad: 27 april, 2014]
- [20] C. Kelly, "David Kolb, The Theory of Experiential Learning and ESL," *iteslj.org*, 1997. [Online] Tillgänglig <http://iteslj.org/Articles/Kelly-Experiential/> [Hämtad: 27 april, 2014]
- [21] A. Bek, "Undervisning och reflektion," *diva-portal.org*, 2012. [Online] Tillgänglig: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:553234/FULLTEXT01.pdf> [Hämtad: 19 maj, 2014]
- [22] P. Emsheimer, "Studenters reflektion; Systematik eller fritt tyckande," *people.su.se*, oktober 2002. [Online] Tillgänglig: <http://people.su.se/~petems/dok/reflektion.doc> [Hämtad: 27 april, 2014]
- [23] Skolverket, "Ämne - Fysik(Gymnasiet)," *skolverket.se*, 2011. [Online] Tillgänglig: <http://www.skolverket.se/laroplaner-amnen-och-kurser/gymnasieutbildning/gymnasieskola/fys?tos=gy&subjectCode=fys&lang=sv> [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [24] Skolverket, "Kursplan - Fysik(Grundskolan)," *skolverket.se*, 2011. [Online] Tillgänglig: <http://www.skolverket.se/laroplaner-amnen-och-kurser/grundskoleutbildning/grundskola/fysik> [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [25] M. Sandgren, "Hur ska laborationer utformas?" *diva-portal.org*, oktober 2008. [Online] Tillgänglig: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:206259/FULLTEXT01.pdf> [Hämtad 12 maj, 2014]
- [26] U. Nilsson, "Laboration eller demonstration – Vad tycker eleven," *muep.mah.se*, 2009. [Online] Tillgänglig: <http://muep.mah.se/bitstream/handle/2043/8560/Examensarbetet%20Ulf%20Nilsson.pdf> [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [27] M. Frolin och J. Törmänen, "Elevers attityder till och intresse för skolans fysiklaborationer," <http://dspace.mah.se/>, 2007. [Online] Tillgänglig: http://dspace.mah.se/bitstream/handle/2043/5810/Frolin_Tormanen.pdf [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [28] K. Prytz, "Om att intressera för fysik," *Elementa : tidskrift för matematik, fysik och kemi*, vol.86, nr 2, s. 70-79, 2003.
- [29] B. Sandberg, "En jämförelse mellan öppna och slutna laborationer," *diva-portal.org*, januari 2009.[Online] Tillgänglig: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:239749/FULLTEXT01.pdf> [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [30] T. Trendafilova, "Gymnasielärares syn på laborationer i kemiundervisningen," *dspace.mah.se*, 2010. [Online] Tillgänglig: <http://dspace.mah.se/bitstream/handle/2043/11095/Tatyana%20101116.pdf> [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [31] B. Andersson och F. Bach, "Att undervisa om geometrisk optik," *gupea.ub.gu.se*, 2004. [Online] Tillgänglig: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/10630/1/gupea_2077_10630_1.pdf [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [32] E. Feher och K. Rice "Shadows and Anti-images: Childrens Conceptions of Light and Vision. II," *Science Education*, vol. 72, nr. 5, s. 637-649, 1988.
- [33] B. Andersson, *Att förstå skolans naturvetenskap*. Lund: Studentlitteratur AB, 2008.
- [34] E. Johansson, "Hur påverkar språk och tänkande varandra?" *kth.se*, 2007. [Online] Tillgänglig: http://www.nada.kth.se/kurser/kth/2D1418/ uppsatser02/Tankande_och_sprak.pdf [Hämtad 12 maj, 2014]

- [35] R. M. Felder et al., "The future of engineering education," *Chem. Engr. Education*, vol. 34, nr 1, s. 26-39, 2000. [Online] Tillgänglig: <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Quartet2.pdf> [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [36] The University of Salford, "The future of engineering education," *acoustics.salford.ac.uk*, 2000. [Online] Tillgänglig: <http://www.acoustics.salford.ac.uk/feschools/waves/javaspeakers.php> [Hämtad: 27 april, 2014]
- [37] EPIC, "Adopt a Classroom Kit Exercises," *laserclassroom.com*, 2013. [Online] Tillgänglig: <http://laserclassroom.com/wp-content/uploads/2013/08/Activity-Guide-ENGLISH.pdf> [Hämtad: 03 maj, 2014]
- [38] Skolverket, "Kursplaner före 2011 - Ämne Fysik," *skolverket.se*, 2014. [Online] Tillgänglig: http://www.skolverket.se/laroplaner-amnen-och-kurser/gymnasieutbildning/gymnasieskola/kursplaner-fore-2011/subjectKursinfo.htm?subjectCode=FY&courseCode=FY1202&lang=sv#anchor_FY1202 [Hämtad: 27 april, 2014]
- [39] E. Hecht, *Optics - Fourth Edition*. San Fransisco: Addison-Wesley Longman, Incorporated, 2002, s. 452-457, s. 581-606.
- [40] Strålsäkerhetsmyndigheten, "Laserklasser," *stralsakerhetsmyndigheten.se*, februari 2014. [Online] Tillgänglig: <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Yrkesverksam/Laser/Laserklasser/> [Hämtad: 05 februari, 2014]
- [41] Environmental Health & Safety, "Laser Biological Hazards - Eyes," *oregonstate.edu*, 2014. [Online] Tillgänglig: <http://oregonstate.edu/ehs/laser/training/laser-biological-hazards-eyes> [Hämtad: 24 april, 2014]
- [42] Skolverket, "Kursplan - Matematik," *skolverket.se*, 2011. [Online] Tillgänglig: <http://www.skolverket.se/laroplaner-amnen-och-kurser/grundskoleutbildning/grundskola/matematik> [Hämtad: 04 maj, 2014]
- [43] E. Hecht, *Optics - Fourth Edition*. San Fransisco: Addison-Wesley Longman, Incorporated, 2002, s. 253-258.
- [44] G. Planinsic, "Water-drop projector," *The physics teacher*, vol. 39, s. 18-21, februari 2001 [Online] Tillgänglig: University of Ljubljana, <http://www.fmf.uni-lj.si/>. [Hämtad: 19 maj, 2014].
- [45] G. Ejlerthsson, *Enkäten i praktiken*, 2 uppl. Lund: Studentlitteratur AB, 1996.
- [46] I. Carlström och L.P. Hagman, *Metodik för utvecklingsarbete och utvärdering*, 5 uppl. Lund: Studentlitteratur AB, 2006.
- [47] L. L. Thurstone, "Attitudes Can Be Measured," *American Journal of Sociology*, nr 33, s. 529-554, januari 1928.
- [48] A.I. Allen och C.A. Seaman, "Likert Scales and Data Analyses," *Quality Progress* vol. 40, nr. 7, ss. 64-65, jul. 2007.
- [49] A. Eliasson, *Kvantitativ metod från början*. Lund: Studentlitteratur, 2013, s. 21-34.
- [50] J. Alvehus, *Skriva uppsats med kvalitativ metod: en handbok*. Stockholm: Liber, 2013, s. 80-86.
- [51] S. Hesse-Biber och P. Leavy, *The practice of qualitative research*. Second ed, Thousands Oak: Sage Publications, 2011, s. 102.

- [52] J. Trost, *Kvalitativa intervjuer*, 4 uppl. Lund: Studentlitteratur, 2010, s. 81-111.
- [53] C. Marshall och B. G. Rossmann, *Designing Qualitative Research*. Fourth ed. Thousands Oak: Sage Publications, 2006, s. 102.
- [54] A. Ryen, *Kvalitativ intervju - från vetenskapsteori till fältstudier*. Malmö: Liber, 2004, s. 43-87.
- [55] P. Black, C. Harrison, C. Lee, B. Marshall och D. Wiliam, *Assessment for Learning: putting it into practice*. Buckingham: Open University Press, 2003, s. 30-57.
- [56] K. Fangen och A. Sellerberg, *Många möjliga metoder*. Lund: Studentlitteratur, 2013, s. 82-83.
- [57] D.F. Alwin och J.A. Krosnick, "The Reliability of Survey Attitude Measurement: The Influence of Question and Respondent Attributes," *Sociological Methods and Research*, vol. 20, nr 1, s. 139-181, augusti 1991.
- [58] J.A. Gliem och R.R. Gliem, "Calculating, Interpreting, and Reporting Cronbach's Alpha Reliability Coefficient for Likert-Type Scales," i *Midwest Research to Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*, Columbus, Ohio, 2003, s. 82-88.
- [59] S. Kvale och S. Brinkmann, *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Lund: Studentlitteratur, 2009, s. 200-265.
- [60] Vetenskapsrådet, "Informerat samtycke," *codex.vr.se*, september 2013. [Online] Tillgänglig: <http://www.codex.vr.se/manniska2.shtml> [Hämtad: 03 mars, 2014]
- [61] Vetenskapsrådet, "Forskning som involverar människan," *codex.vr.se*, november 2013. [Online] Tillgänglig: <http://www.codex.vr.se/forskningmanniska.shtml> [Hämtad: 03 mars, 2014]
- [62] E.W. Weisstein, "Spearman Rank Correlation Coefficient," *MathWorld—A Wolfram Web Resource*, 2014 [online]. Tillgänglig: <http://mathworld.wolfram.com/SpearmanRankCorrelationCoefficient.html>. [Hämtad: 19 maj, 2014].
- [63] J.S. Milton och J.C. Arnold, "Comparing two means and two variances," i *Introduction to Probability and Statistics*, uppl. 4, W.K. Barter, Red. New York: McGraw-Hill, 2003, ss. 336-349.
- [64] J. A. Rice, *Mathematical Statics and Data Analysis*, 3 uppl. Belmont: Brooks/Cole, 2007, s. 516-520.
- [65] J. S. Milton och J. C. Arnold, *Introduction to probability and statics: principles and applications for engineering and the computing sciences*. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2003, s. 625-627.
- [66] C. Zeis et al., "Goodness-of-fit tests for rating scale data: Applying theb minimum chi-square method," *Journal of Economic and Social Measurement*, vol. 27, nr 1-2, s. 25-39, januari 2001.
- [67] A. Ryen, *Kvalitativ intervju - från vetenskapsteori till fältstudier*. Malmö: Liber, 2004, s. 105-136.
- [68] Skolverket, "Nationella prov på gymnasial nivå," *skolverket.se*, september 2013. [Online] Tillgänglig: <http://www.skolverket.se/bedomning/nationella-prov-bedomningsstod/gymnasial-utbildning/kursprov> [Hämtad: 12 maj, 2014]
- [69] Skolverket, "Bedömningsstöd i fysik på gymnasial nivå," *skolverket.se*, februari 2014. [Online] Tillgänglig: <http://www.skolverket.se/bedomning/nationella-prov-bedomningsstod/gymnasial-utbildning/bedomningsstod/fysik> [Hämtad: 12 maj, 2014]

A Kunskapsdiagnos

I detta appendix visas den diagnos som användes för att undersöka elevers förkunskaper inom linslära, trigonometri och våglära. Frågorna som används handlar om delar som står i direkt relation till de utvecklade lektionerna.

Svara kort och enkelt på alla frågor du kan. Denna diagnos är helt anonym och är bara till för oss i vårt projekt! :) Tack för att du svarar!

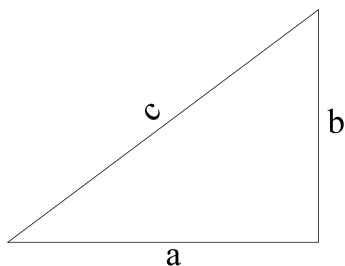
Känner du dig bekväm med att hantera tiopotenser?

Hur många meter är en μm (mikrometer)?

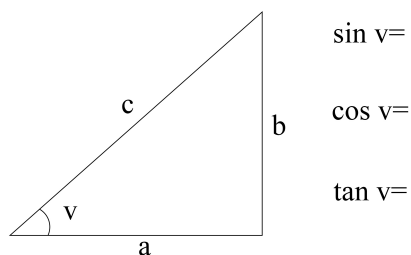
Hur många meter är en nm (nanometer)?

Vet du vad radianer är? Förklara!

Känner du till Pythagoras sats? Rita och förklara!



Komplettera de trigonometriska uttrycken!



Har du inte läst optik tidigare kan det kanske bli svårt att svara på följande frågor :)

Har du läst optik på högstadiet? I vilken årskurs?

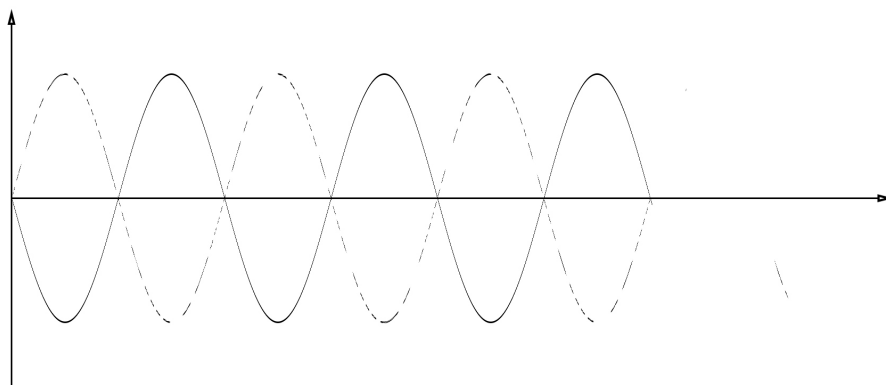
Har du kunskap om konvexa/konkava linser? Vad har de för egenskaper? Rita och förklara!

Känner du till Snells lag? Vad är brytningsindex? Förklara!

Vad är en våglängd? Vad är en elektromagnetisk våg?

Känner du till begreppet diffraktion? Förklara!

Addera vågorna nedan och rita in den resulterande vågen i figuren!



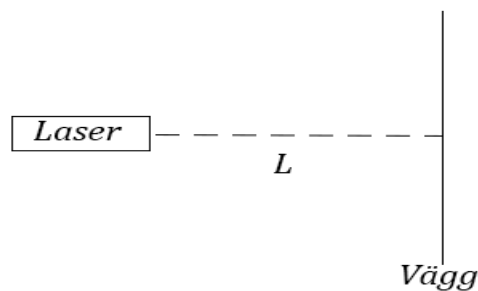
Vad skiljer laserljus från vanligt ljus?

B Laborations-pm: Mätning av tjockleken på ett hårstrå med laser

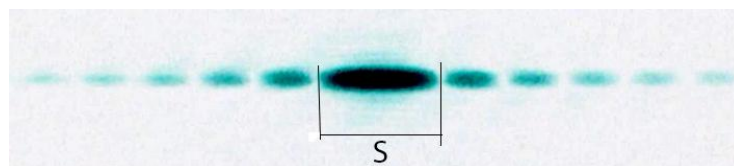
Nedan ses det laborations-pm som användes vid hårstråmätningsslektionen. Instruktionerna är ingående, för att eleverna ska kunna arbeta självständigt och få lägga majoriteten av tiden på att undersöka olika hårstrån. Tabellerna i slutet är till för att kunna strukturera upp det laborativa arbetet.

Material:

- En laser. Den gröna lasern har våglängd 532 nm, den röda lasern har våglängd 635 nm. Var försiktiga med lasern, och ha endast på den under mätningar.
- 1) Tag ett hårstrå från en person i gruppen. Det blir lättast om hårstrået är minst 5 cm långt.
 - 2) Tejpa fast hårstrået på lasern, så att det ligger rakt över laserns öppning. (Se till att lasern är avstängd innan ni gör detta)
 - 3) Placera lasern stabilt, med öppningen mot en vägg enligt figuren nedan. Mät avståndet L som är utmarkerat.



- 4) Sätt på lasern. På väggen bör ni då se något som liknar mönstret nedan. Mät avståndet mellan de två mörka prickarna som är utsatta i figuren. (I figuren är det svarta laserljuset, och det vita är de mörka prickarna)



- 5) Använd de värden ni har samlat in, och sätt in i formeln som har utseendet:

$$\text{Hårstråttjocklek}(d) = \frac{2 \cdot \text{våglängden}(\lambda) \cdot \text{avstånd till vägg}(L)}{\text{avstånd mellan de två mörka fläckarna}(S)}$$

- 6) Mät på detta sätt alla gruppens hårstrån, och fråga gärna andra grupper om hårstrån. Försök att göra minst tre mätningar. Skriv in era mätvärden i tabellerna nedan. Se till att stänga av lasern då ni ej gör mätningar.
- 7) Om ni känner er färdiga, får ni gärna se om ni kan förstå hur laborationen gick till. Till eran hjälp har ni er fysikbok, och vi hjälper också gärna till om ni har några frågor.

Mätning nr.	Våglängd på laser (λ)	Avstånd till vägg (L)	Avstånd mellan första 2 mörka fläckarna (s)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Mätning nr.	Hårstråets tjocklek = $2 \cdot \lambda \cdot L / s$
1	
2	
3	
4	
5	
6	

C Lektionsplanering: Mätning av tjockleken på ett hårstrå med laser

Nedan redovisas en mer detaljerad handledning för hur hårstråmätningens lektionen genomfördes. Tanken med handledningen var att den skulle påminna om viktiga moment under lektionen, som formulering av hypotes för hårstrå-tjocklek och även hur teorigenomgången skulle kunna utföras.

Presentation och introduktion

- Berätta vilka vi är och var vi kommer ifrån.
- Varför är vi här idag? Förklara kort vad vi kommer att göra och vilka verktyg vi har för att genomföra laborationen.
- Fråga om eleverna har någon känsla för hur tjockt ett hårstrå är, för att kunna formulera en hypotes.

Kort om laser

- Ljus kan betraktas både som partiklar och vågor.
 - I den här laborationen kommer det vara lämpligt att betrakta det som vågor.
- Begreppet våglängd, d.v.s. avståndet mellan två vågtoppar/dalar.
- Skillnaden mellan "vanligt" ljus och laser.
 - Våglängd.
 - Spridning av ljuset.
 - Illustrera gärna med exempel om hur grundfärgerna tillsammans blir till vitt ljus, regnbågen som visar ljuset uppdelat i sina beståndsdelar eller hur ljuset sprids från en ficklampa jämfört med från en laser.
- Säkerhetsaspekter för lasern.

Diffraktion

- Lasern går rakt så länge det inte är något litet objekt i vägen, som t.ex. ett hårstrå.
- Då ljusvågorna möter hårstrået kommer deras rörelseriktning förändras.
- Vågorna kommer ur fas och börjar interferera med varandra på andra sidan hårstrået.
- Ljuset sprids ut och får punkter som är förstärkta eller utsläckta.
- Mönstret av utsläckta respektive förstärkta punkter går att använda för att räkna ut hur stor objektet som låg i vägen för laser är.
- Beskrivning av tillvägagångssätt i labb-p.m. och förklara att vi kommer förklara fenomenet närmare efter laborationen.

Laboration

- Eleverna ställer upp sin uppställning, mäter på ett antal hårstrån (helst minst 3). Om det finns elever som ej vill mäta på egna hårstrån, kommer hästhår och något mer djurhår finnas till hands.

Återkoppling och resultatdiskussion

- Jämför elevernas resultat på tavlan. Vilka slutsatser kan dras? Om vissa värden är avvikande, fråga eleverna vad det kan bero på. Kan bli diskussion om mätosäkerhet.

Teorigenomgång

- Förklara först att laborationen kan förklaras genom studie av enkelspalt, (Babinets princip), en öppning har samma egenskaper som ett objekt som är i vägen av samma form.
- Förklara diffraktionen med vågaddition, vågorna förstärker varandra på vissa ställen, släcker ut varandra på andra ställen. Rita bild.
- Använd figur 4 för förklaring.

D Lektionsplanering: Lasermikroskop

I detta appendix finns en närmare beskrivning av hur lasermikroskopslektionen hölls. Utformningen valdes för att poängtera viktiga moment, som till exempel ledande frågor som kunde få eleverna att själva reflektera kring arbetsuppgiften.

Presentation och introduktion

- Berätta vilka vi är och var vi kommer ifrån.
- Förklara vad lektionen går ut på och hur lektionsupplägget ser ut.
- Syfte att göra roliga fysiklektioner.

Laserteori

- Fråga klassen om de kommer på saker där laser används. Kommer de inte på något så ge exempel själv (exempelvis dvd-spelare/blueray, avståndsmätning).
- Fråga klassen om de vet varför laserljus är speciellt/varför det är så användbart.
 - Monokromatiskt (en våglängd/färg) (jämför eventuellt med solljus där man ser vilka synliga våglängder som finns i ljuset i regnbågar)
 - Koherent (alla vågor är i fas, d.v.s. toppar samtidigt)
 - Kollimerat (parallella strålar)
- Illustrera kollimeringen genom att lysa med en laser på tavlan. Det sprids inte, jämför med taklamporna. Nämn att eftersom laserljuset är kollimerat så kan det vara skadligt för ögat. Poängtera att kollimeringen är den viktiga egenskapen vid denna lektion.

Mikroskop och linser

- Förklara kort vad mikroskop är (gör att man kan se saker man inte kan se med blotta ögat).
- Visa upp linserna, nämn exempel på var de används. Ge minnesregeln för konvex lins. Berätta att de ska undersöka själva vad som händer när parallella strålar träffar linserna. Visa upp lamporna och stencilen. Berätta att de ska byta linser med varandra. Dela ut materialet och låt eleverna arbeta själva i 5 minuter.
- När de är färdiga fråga vad de kom fram till, fyll i strålgång på tavlan.
- Linserna får alltså ljusstrålarna att ändra riktning, detta kallas att ljuset bryts. Fråga om brännpunkt, måla ut brännpunkterna. Nämn varför det heter brännpunkt (bränna myror etc om man vill nämna det). Låt eleverna undersöka brytning. Be dem vända på stencilen och göra baksidan. Görs med en av linserna.
- Fråga vad de kom fram till, måla upp strålgången. Poängtera att ljuset bryts i ytan mellan olika material. Detta beror på att materialen har olika brytningsindex.

Brytningsindex

- Måla upp en yta mellan två material och en ljusstråle som bryts.
- Skriv upp och förklara brytningslagen: $n_i \sin i = n_b \sin b$.

- Gör exemplet med hur man ser en fisk under vatten, beroende på var den är.

Lasermikroskopet

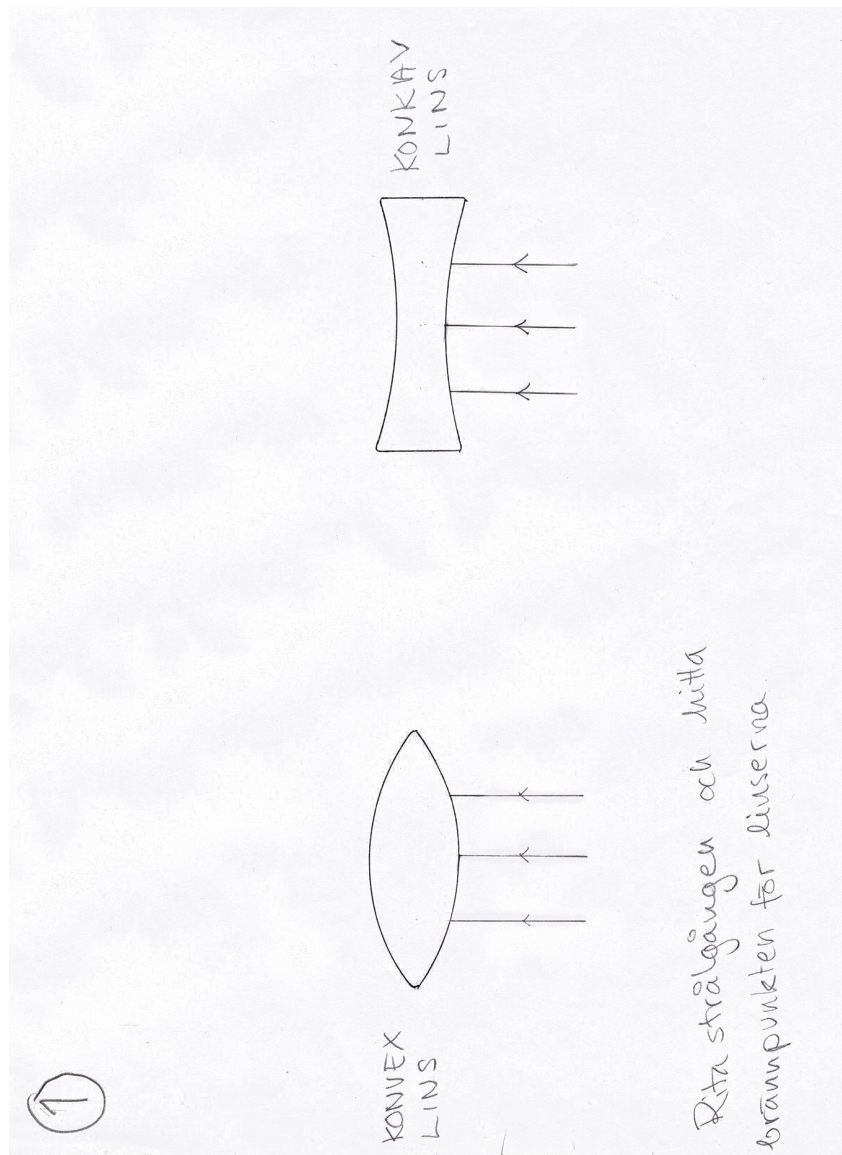
- Måla upp uppställningen, visa sprutan som används.
- Vattendroppe fungerar som lins på grund av skillnad i brytningsindex mellan vatten och luft. Fråga klassen om linsen är konkav eller konvex, kom fram till svaret med minnesregel.
- Nämn att det kommer finnas mikroorganismer i vattnet (från toffeldjursodling/akvarievatten/damm), måla in mikroorganism i droppen.
- Återknyt till linsexperimentet i början (konvex lins och parallella strålar, ty laser) och måla ut brännpunkten.
- Måla strålgången, förklara att det blir en upp-och-nervänd skugga av mikroorganismen på skärmen.
- Gå in på förstoring $M = y/x$ (bildens storlek delat med verklig storlek). Markera y och x i figuren. (M som i magnification)
- Förstoringen kan beräknas genom $M = \frac{2d}{r}(1 - \frac{1}{n})$ (markera i figuren) n brytningsindex för vatten, $n \approx 1,33$.
- Svårt att veta exakt var brännpunkten ligger, men det är så nära droppen att man kan mäta från droppen till skärmen istället.
- Berätta att man kommer fram till detta genom geometri och brytningslagen. Eventuellt måla ut relevanta trianglar, säga att vi inte kommer härleda det, men att man använder att dessa trianglar är likformiga.
- Sätt igång laborationen! Berätta vilken utrustning som ska användas och att de ska räkna ut hur stora mikroorganismerna de ser är.

Efter laborationen

- Fråga vad de såg. Hur stor förstoring fick de? Hur stora var sakerna i droppen? Rimligt? (Toffeldjur 100-300 μm stora, klockdjur mindre än 100 μm . Bakterier generellt 0,5-5 μm) Förstoring: $r=2\text{mm}$, $d=50\text{cm}$ ger $M \approx 100$, $d=100\text{cm}$ ger $M \approx 200$.
- Spelar det någon roll vart i droppen mikroorganismen är? Fråga vad de tror! Visa genom att måla in en till, lika stor mikroorganism i droppen och rita strålgång.

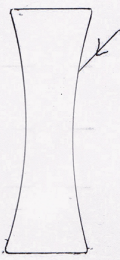
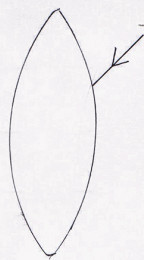
E Stenciler: Lasermikroskop

Nedan ses två olika stenciler som används vid lasermikroskopslektionen. Markeringarna för linser är utritade för att en fysisk lins ska placeras här på pappret. Den första stencilen visar en konkav och en konvex lins, här ska eleven rita ut strålgång och brännpunkt. I den andra stencilen ska eleven undersöka hur ljuset bryts och propagerar i själva linsen.



②

Rita strålningen även inne i linserna.
Var bryts strålen?
Det räcker att rita för en av linserna.



F Utvärderingsenkät

I detta appendix finns den enkät som givits till elever efter genomförd lektion. Frågorna utformades för att dels kunna ge konstruktiv kritik kring förbättringar på lektionerna, men också för att kunna undersöka om de lektioner som utvecklats uppfyllde de valda syftena.

Utvärdering

Tack för att du lyssnade på oss. Vi skulle gärna vilja veta vad du tyckte om lektionen och ber dig därför att svara ärligt på denna frivilliga enkät. Den är helt anonym och är endast till för att vi ska kunna förbättra vårt arbete samt se om lektionen bidragit till ett ökat intresse för fysik. En sammanställning av de svar vi fått kommer vara med i den slutliga rapporten för det examensarbete vi utför på Chalmers. Tack på förhand önskar Jim Bill, Maja Fahlén, Damiel Lang, Annika Lundqvist, Arvid Skarrie och Stina Wahlgren.

Jag godkänner att ni använder mina svar som en del av er undersökning ☐

	Inte alls		Sådär		Mycket
På en skala från 1 till 5:	1	2	3	4	5
Hur intressant tyckte du att dagens lektion var?					
Hur mycket hängde du med under lektionen?					
Hur tydliga var instruktionerna?					
Hur långtråkig var lektionen?					
Hur svår var teordelen?					
Hur svårt var det självständiga labbandet?					
Skulle du vilja ha fler lektioner av det här slaget?					
Hur spännande var själva experimentet?					
Skulle du vilja lära dig mer om vad laserljus kan användas till?					
Hur roliga brukar du tycka att fysiklektionerna är?					
Hur intressanta brukar du tycka att fysiklektionerna är?					
Hur stort intresse har du i allmänhet av fysik?					
Hur intresserad är du av att söka till en naturvetenskaplig utbildning?					

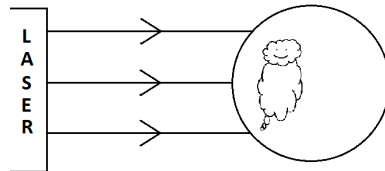
Hur skulle vi kunna förbättra lektionen?

Vad tycker du inte att vi ska ändra på?

Vad tycker du om fysikundervisningen i skolan? (Intressant, svårt, för lite/mycket laborationer o.s.v.)

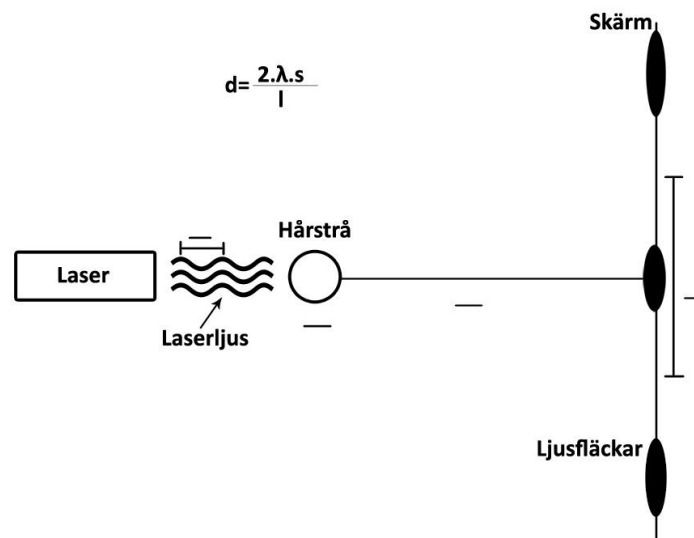
Övriga kommentarer

Rita ut strålgången både inuti och efter den cirkulära linsen.



Alternativt:

Skriv ut de beteckningar för längderna som saknas i figuren utifrån formeln



G Intervjuguide för lärarutvärdering

Detta appendix innehåller den mall som använts vid lärarintervjuer. Frågorna som formulerats nedan var riktlinjer för vad intervjuaren skulle gå igenom. På grund av att uppbyggnaden är semistrukturerad fick intervjuaren själv leda in läraren för att behandla de viktigaste frågorna.

Här kommer ett par stolppunkter att ta upp med läraren efter de hållna lektionerna. Nämn att intervjun kommer att användas som underlag för vidareutveckling av lektionen och är helt anonym. Berätta även att det arbete vi gjort kommer att sammanställas i en rapport som de gärna får ta del av, förslagsvis via epost.

1-Allmän kommentar

-Vad tyckte du rent generellt?

2-Frågor om stämningen i klassen

-Hur var stämningen i klassen?

-Hur annorlunda var det?

-Var de mer intresserade än vanligt?

-Var teoridelen på lagom nivå?

3-Frågor om lektionens användbarhet

-Tror du att detta är användbart i undervisningen? (ev. skilja teori från praktik)

-Hur är det relaterat till ämnesplanen?

4-Lektionerna som inspirationskälla

-Har detta inspirerat dig till att vilja utveckla liknande tillfälle i din undervisning? (ev. skilja teori från praktik)

5-Prestationmässiga frågor

-Hur var vår prestation?

-Har du några tips till oss?

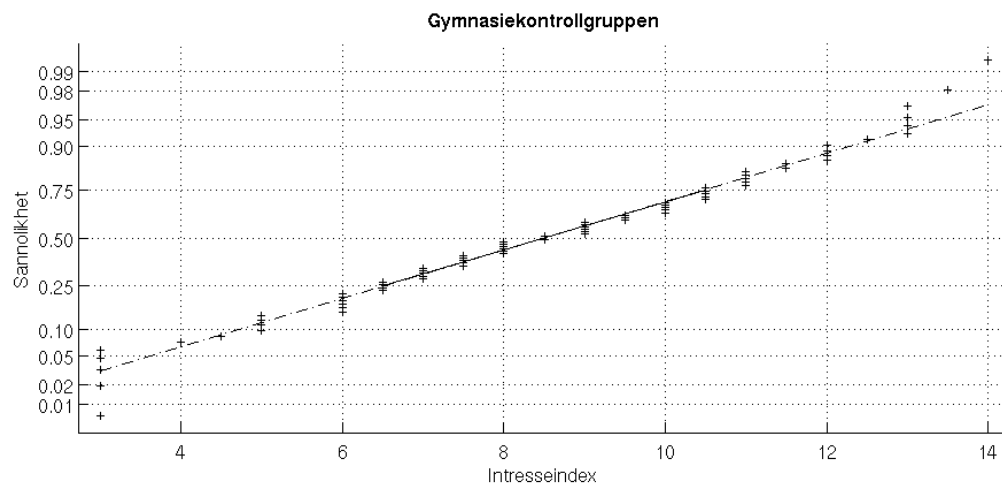
Detta är bara stolppunkter och intervjuare pratar givetvis utifrån lärares feedback. Det ger frihet att spåna vidare på intressanta punkter. Hur kommer det sig att de tycker som de tycker? Frågorna behövs inte ta i denna ordning. Det är viktigt att tema 2,3 och 4 görs ordenligt.

H Normalfördelningsplottar

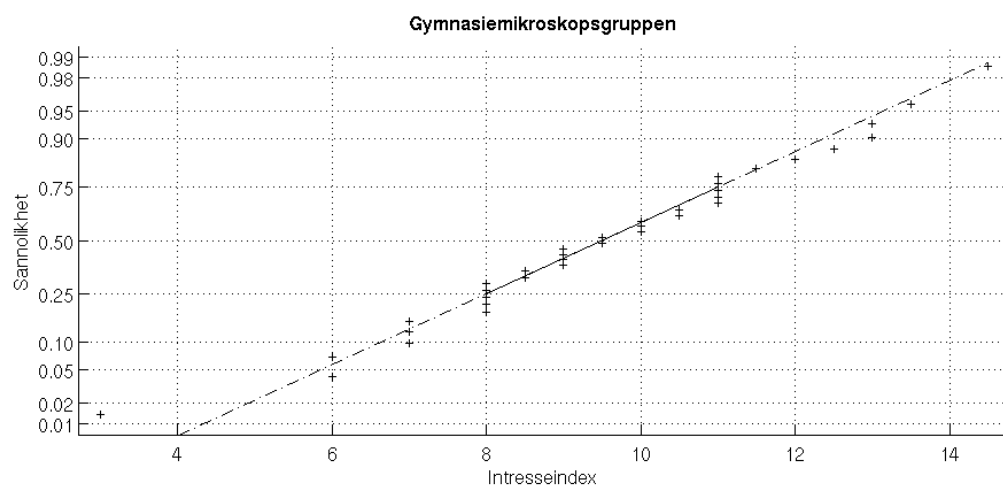
I detta appendix ses figurer som använts för att undersöka om de grupper som definierades i resultatavsnittet var approximativt normalfördelade. Detta gjordes för att därigenom kunna se om vissa statistiska metoder kunde användas på grupperna.



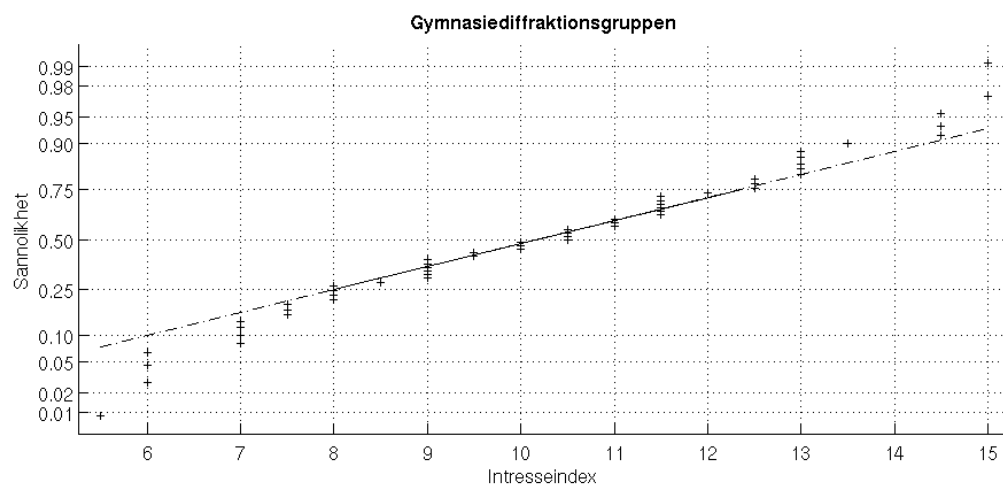
Figur 18: Jämförelse mellan intresseindex och de anpassade normalfördelningarna för samtliga gymnasieelever som genomfört någon av de framtagna laborationerna. Figuren indikerar grafiskt att indexen är normalfördelade.



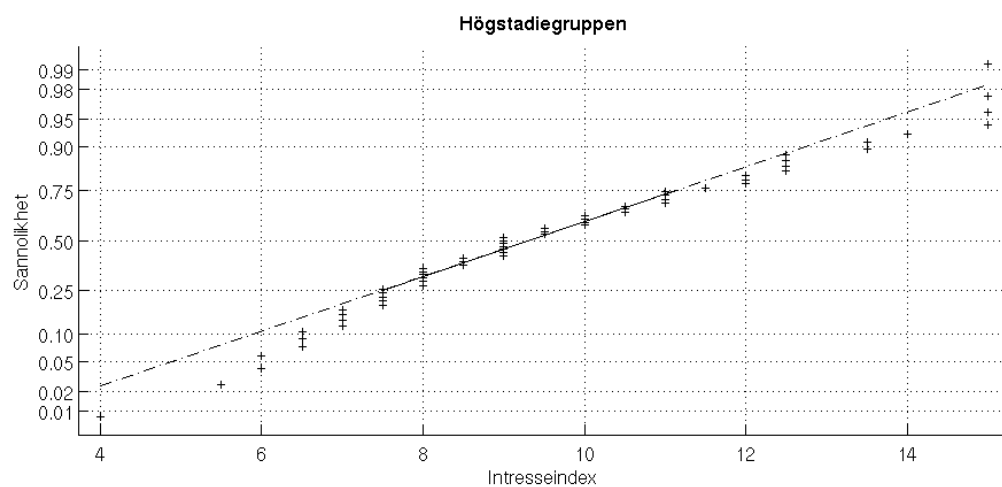
Figur 19: Jämförelse mellan intresseindex och de anpassade normalfördelningarna för gymnasiekontrollgruppen. Figuren indikerar grafiskt att indexen är normalfördelade.



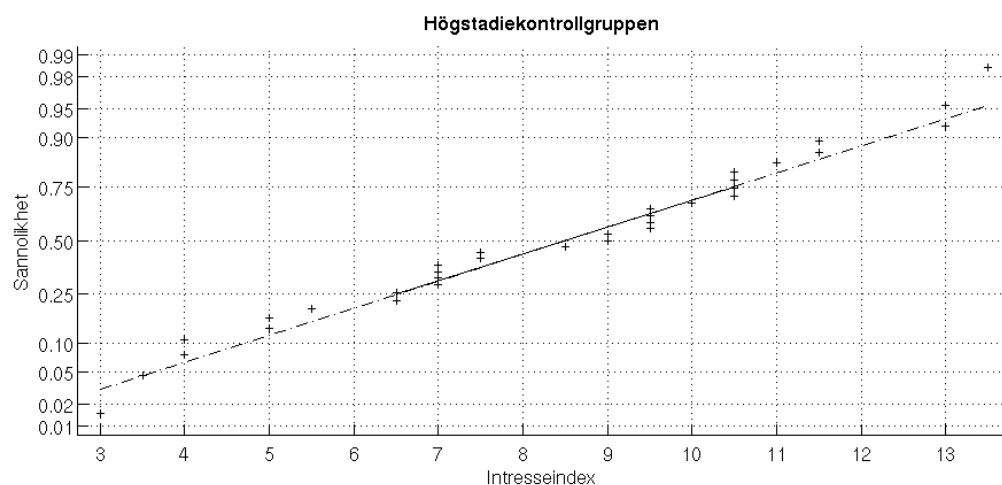
Figur 20: Jämförelse mellan intresseindex och de anpassade normalfördelningarna för gymnasiemikroskopgruppen. Figuren indikerar grafiskt att indexen är normalfördelade.



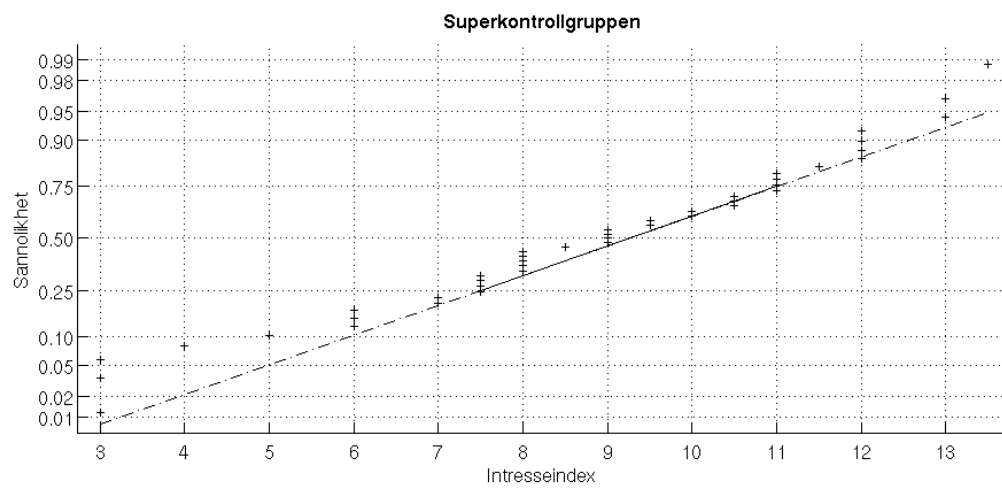
Figur 21: Jämförelse mellan intresseindex och de anpassade normalfördelningarna för gymnasiediffraktionsgruppen. Figuren indikerar grafiskt att indexen inte är normalfördelade.



Figur 22: Jämförelse mellan intresseindex och de anpassade normalfördelningarna för samtliga högstadiel elever som genomfört någon av de framtagna lektionerna. Figuren indikerar grafiskt att indexen är normalfördelade.



Figur 23: Jämförelse mellan intresseindex och de anpassade normalfördelningarna för högstadiiekontrollgruppen. Figuren indikerar grafiskt att indexen inte är normalfördelade.



Figur 24: Jämförelse mellan intresseindex och de anpassade normalfördelningarna för den delkontrollgrupp som även tagit del av mikroskoplaborationen. Figuren indikerar grafiskt att indexen inte är normalfördelade.

Individuella bidrag

Utveckling av försökslektioner

Arvid, Maja och Jim tog huvudansvaret vid utvecklingen av hårstråmättningslektionen, medan Stina, Annika och Damien tog huvudansvaret vid utvecklingen av lasermikroskopslektionen. Hela gruppen deltog tillsammans för att skriva kunskapsdiagnosen.

Ansvarsområden under arbetets gång

Arvid och Stina tog huvudansvaret för att förbättra lektionerna utifrån studier i pedagogik och didaktik. Maja och Damien var de som hade huvudansvar för utvärderingsenkäten, och hur denna skulle hanteras. Annika och Jim hade huvudansvar för lärarkontakten, och för att hantera bokningar av lektioner.

Genomförande av lektioner

- Annika höll 1 försökslektion och observerade 3 lektioner.
- Jim höll en försökslektion tillsammans med Arvid, och höll även i två lektioner själv. Jim observerade också två lektioner.
- Damien höll två lektioner och observerade på tre lektioner och alla de försökslektionerna.
- Arvid höll en försökslektion tillsammans med Jim, höll en lektion tillsammans med Stina, och höll två lektioner själv. Arvid observerade också 3 lektioner.
- Stina höll i en försökslektion, tre lektioner själv och en lektion tillsammans med Arvid. Stina observerade två lektioner.
- Maja höll en försökslektion, två vanliga lektioner samt var med som observatör under tre lektioner.

Analys av data

Hela gruppen har varit delaktig i analys av data, och Maja och Stina har lagt relativt mycket tid på detta.

Rapportskrivning

Hela rapporten har redigerats och diskuterats gemensamt i gruppen, men det finns huvudansvariga för varje avsnitt. Sammanfattning och abstract har huvudsakligen skrivits av Arvid. Det inledande avsnittet har huvudsakligen skrivits av Annika. Pedagogikavsnittet har huvudsakligen skrivits av Stina. Didaktikavsnittet har huvudsakligen skrivits av Arvid. Utvecklingen av metoder har huvudsakligen skrivits av Jim. Avsnittet som behandlar de färdiga lektionerna är huvudsakligen skrivet av Jim och Annika, där Jim ansvarat för hårstrålektionsdelen och Annika ansvarat för lasermikroskopsdelen. Utvärderingsavsnittet har huvudsakligen skrivits av Maja för den kvantitativa metoden och Damien för den kvalitativa. Analysdelen skrevs huvudsakligen av Maja och Stina. Resultatdelen har skrivits tillsammans i gruppen, och samma sak gäller för diskussionen. Damien har haft huvudansvar för slutsatsen. Layout har arbetats med gemensamt, och samma sak med den grafik som finns i rapporten.